

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA – PATOS DE MINAS
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

NADYNE TALESCA DE SOUZA

**ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO AZURE
CLOUD E RASPBERRY PI**

Patos de Minas - MG

2019

NADYNE TALESCA DE SOUZA

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO AZURE CLOUD E RASPBERRY PI

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à banca examinadora como
requisito para graduação em Engenharia
Eletrônica e de Telecomunicações, da
Faculdade de Engenharia Elétrica, da
Universidade Federal de Uberlândia, *Campus*
Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa Ramos

Patos de Minas - MG

2019

NADYNE TALESCA DE SOUZA

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO AZURE CLOUD E RASPBERRY PI

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à banca examinadora como
requisito para graduação em Engenharia
Eletrônica e de Telecomunicações, da
Faculdade de Engenharia Elétrica, da
Universidade Federal de Uberlândia, *Campus*
Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa Ramos

Patos de Minas, 24 de junho de 2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Daniel Costa Ramos – FEELT/UFU (Orientador)

Prof. Dr. Pedro Luiz Lima Bertarini – FEELT/UFU (Membro 1)

Prof. Dr. Karine Barbosa Carbonaro – FEELT/UFU (Membro 2)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente a comunidade UFU Patos por todo apoio prestado durante os 5 anos de graduação. Agradeço também os professores que tive o contato inicial e que me deram oportunidades incríveis de desenvolvimento, professor Pedro Luiz Lima Bertarini por me mostrar o lado das mentes brilhantes da academia, professora Karine Carbonaro que deu apoio nas horas mais difíceis e que sempre se preocupou com o sorriso no rosto dos seus alunos e ao meu orientador Daniel, que mesmo à distância ofereceu todo o suporte do começo ao fim. Não poderia me esquecer dos colegas de graduação que conheci durante a jornada e em especial a Nayara, uma grande amiga que estará pra sempre em todos os nossos corações. Aos meus pais e minha irmã, não cabem palavras de agradecimento e sim uma gratidão enorme por tudo que fizeram e que fazem por mim. Aproveitei a jornada acadêmica para conhecer uma das pessoas mais especiais, o meu namorado Rodrigo, obrigada por toda compreensão e por seguir junto comigo nesta caminhada.

“Stay hungry, stay foolish” - Steve Jobs

RESUMO

O termo internet das coisas ou “IoT” vem tomando frente cada vez mais no ramo da tecnologia e pesquisas. Hoje empresas de diversos setores investem em pesquisas na área de IoT para estarem mais preparadas para a chamada transformação digital. A transformação digital traz com ela a chamada Indústria 4.0, ou seja, a integração de novas tecnologias como a internet das coisas, computação em nuvem, sistemas integrados, robôs, realidade aumentada, manufatura aditiva e a segurança de informação. O desenvolvimento de novas tecnologias que englobam IoT, é um campo que está em desenvolvimento e com isso, a necessidade de criar aplicativos e sistemas que envolvam tais tecnologias vem chamando a atenção do mercado. Essa revolução será capaz de gerar impacto em diversas áreas da indústria, o setor de telecomunicações, eletrônica, medicina e até mesmo a agricultura. Em relação à agricultura, área denominada de Agricultura 4.0, as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 são aplicadas no campo com o objetivo de melhorar a produção e a qualidade de vida. Dentre estas tecnologias, a *Cloud Computing* e a Internet das Coisas (IoT) são destaques e podem ser aplicadas ao sensoriamento da lavoura, na agricultura de precisão e no monitoramento de condições climáticas. Há um interesse especial nas estações meteorológicas automáticas, compostas por sensores que são capazes de enviar as informações do clima para o fazendeiro, sem a necessidade do acompanhamento *on-site*, onde as informações coletadas sobre o clima podem auxiliar em decisões e planejamento da lavoura. Este trabalho aborda a utilização de um sensor de temperatura e pressão e o envio dos seus dados para a nuvem do Azure, o seu monitoramento em tempo real e o uso do Power BI para visualização dos dados. Para que houvesse uma plataforma de comunicação entre o sensor e o módulo de IoT Hub, a placa de processamento Raspberry Pi 3B+ é utilizada com os seus recursos, capaz de monitorar e transmitir os dados para o usuário em tempo real. Por meio deste trabalho, é alcançada uma rápida comunicação entre o dispositivo do módulo de IoT e os dados do sensor comunicaram de forma adequada na nuvem.

Palavras-chave: *Cloud Computing*, estação meteorológica, Indústria 4.0, Agricultura 4.0.

ABSTRACT

The term Internet of Things or "IoT" is always on the way to technology and research. Today companies from many industries are investing in IoT research to be more prepared for a digital transformation. Digital transformation brings with it what we can call Industry 4.0, a set of new technologies as internet integration, cloud computing, integrated systems, robotics, augmented reality, additive manufacturing and information security. The development of new technologies that use IoT, is a field that is under development and with this, the need to create applications and systems that involve such technologies has been attracting the attention of the market. This effect can generate impact in several areas of industry, the telecommunications sector, electronics, medicine and even agriculture. In relation to agriculture, denominated Agriculture 4.0, the industry-enabled technologies 4.0 are applied in the field with the aim of improving production and quality of life. Among these technologies, a Cloud Computing and Internet of Things (IoT) are highlights and can be applied to crop sensing, precision agriculture and monitoring weather conditions. There is a special interest in automatic weather stations, which are composed of sensors that are able to send weather information to the farmer without the need for on-site monitoring, where climate information can aid in decision-making and crop planning. This work discusses the use of a temperature and pressure sensor and sending your data to the Azure cloud, your real-time monitoring, and the use of Power BI for data visualization. In order to have a communication platform between the sensor and the IoT Hub module, the Raspberry Pi 3B + processing board has been used with its resources and was able to monitor and transmit the data to the user in real time. Rapid communication was achieved between the IoT module device and the sensor data communicated adequately in the cloud.

Keywords: *Cloud Computing*, weather station, Industry 4.0, Agriculture 4.0.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da Internet das coisas	20
Figura 2. Estimativa de aparelhos conectados	21
Figura 3. Investimento em IoT até 2020.....	21
Figura 4. Aplicações da Internet das Coisas.....	22
Figura 5. Modelo de serviços.....	24
Figura 6. Modelos de implementação de nuvem.	24
Figura 7. Nuvem híbrida.....	25
Figura 8. Adoção das plataformas de nuvem.....	28
Figura 9. Principais serviços de nuvem do mercado.	29
Figura 10. Preço/armazenamento Azure.....	29
Figura 11. Preços dos principais produtos oferecidos.	30
Figura 12. Data centers Azure.	31
Figura 13. Aceleradores de solução de IoT.	32
Figura 14. Rede de sensores.	33
Figura 15. Indústria 4.0.....	35
Figura 16. Sistema central de gerenciamento.	36
Figura 17. Principais empresas atuantes no setor da AgroTech.	37
Figura 18. Estação meteorológica automática.	38
Figura 19. Raspberry Pi 3B+.	39
Figura 20. Sensores utilizados.	40
Figura 21. Principais atributos de uma solução de IoT.....	41
Figura 22. Arquitetura de uma solução de IoT	42
Figura 23. Conectividade do dispositivo.	42
Figura 24. Arquitetura de referência IoT Hub	43
Figura 25. Criação do Hub de IoT.	44
Figura 26. Criação do device.	44
Figura 27. Simulador online Raspberry Pi.	45
Figura 28. Código exemplo Microsoft.....	45
Figura 29. Processo de fluxo de dados.	46
Figura 30. Trabalho do Stream Analytics.....	46
Figura 31. Configuração dos dados de entrada.....	47
Figura 32. Modelo Raspberry Pi 3B+.....	48

Figura 33. Sensor de humidade e temperatura BME280.	48
Figura 34. Simulador Raspberry Pi.	49
Figura 35. Circuito de simulação e Raspberry Pi.	49
Figura 36. Tipos de fontes de dados para o Power BI.	50
Figura 37. Configuração da fonte de dados.	51
Figura 38. Seleção da fonte dados.	51
Figura 39. Geração do gráfico de temperatura.	52
Figura 40. Dashboard de temperatura e humidade.	52
Figura 41. Protótipo utilizado.	53
Figura 42. Tipos de escala e preço.	54
Figura 43. Tamanho e escala do Hub.	54
Figura 44. Sistema operacional Raspbian.	55
Figura 45. Varredura de IP – Programa Advanced IP Scanner.	55
Figura 46. IP rastreado Raspberry Pi.	56
Figura 47. Remote Desktop Connection.	56
Figura 48. Tela inicial Raspberry Pi.	57
Figura 49. LXTerminal.	58
Figura 50. Execução do programa “teste.py”.	59
Figura 51. LXTerminal após instalação dos Scripts.	60
Figura 52. <i>Connection String</i> do dispositivo.	60
Figura 53. Envio de mensagens para o IoT Hub.	61
Figura 54. Device Explorer Twin.	62
Figura 55. Dados recebidos no Hub.	63
Figura 56. Visualização de dados no Power BI.	63
Figura 57. Gráfico de Temperatura x tempo vs. Humidade x tempo.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo dos materiais utilizados.....	47
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Inteligência Artificial
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
AMP	Protocolo de mensagens assíncronas
AMQP	Protocolo de enfileiramento de mensagens avançado
B2B	<i>Business to business</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
DA	Análise de dados
EMA	Estação Meteorológica Automática
ERP	Sistema integrado de gestão empresarial
GPS	Sistema de posicionamento global
GCP	<i>Google Cloud Platform</i>
HTTP	Protocolo de transferência de hipertexto
IA	Inteligência Artificial
IAS	<i>Internet as a Service</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>
IoT	Internet das Coisas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
I2C	Circuito inter-integrado
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
PaaS	<i>Platform as a Service</i>
RPi	Raspberry Pi
SaaS	<i>Software as a Service</i>
SDO	Pino de dados de saída
SPI	Interface periférica serial
TI	Tecnologia da Informação
VPC	Nuvem privada virtual
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>

Sumário

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
1.1 – TEMA	16
1.2 – PROBLEMATIZAÇÃO	17
1.4 – OBJETIVOS	18
1.4.1 – Objetivos gerais	18
1.4.2 – Objetivos específicos	18
1.5 – JUSTIFICATIVA.....	18
1.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 – INTERNET DAS COISAS.....	20
2.2 – <i>BIG DATA</i> E <i>CLOUD COMPUTING</i>	23
2.3 – FERRAMENTAS DE <i>CLOUD COMPUTING</i>	26
2.3.1 – Amazon Web Services (AWS)	26
2.3.2 – Microsoft Azure	26
2.3.3 – Google Cloud Platform	27
2.3.4 – IBM Cloud	27
2.4 – COMPARAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS DE CLOUD COMPUTING ...	27
2.5 – REDE DE SENSORES SEM FIO	32
2.6 – INDÚSTRIA 4.0 E A E-FARMING.....	34
2.7 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E A AGRICULTURA.....	37
2.8 – HARDWARE PARA IOT	38
2.9 – HARDWARE PARA ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	39
2.9.1 – Sensor Bosch de pressão, umidade e temperatura BME280.....	39
2.9.6 – Comunicação I2C.....	40
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	41
3.1 – SOLUÇÃO DE IOT NA NUVEM	41
3.2 – CONECTIVIDADE DO DISPOSITIVO E <i>GATEWAY</i>	42
3.3 – AZURE IOT HUB	43

3.4 – “CRIAÇÃO DE UM HUB DE IOT UTILIZANDO RASPBERRY PI ONLINE SIMULATOR”	43
3.5 – FLUXO DE DADOS E PROCESSAMENTO DO <i>STREAM</i>	46
3.6 – MATERIAIS UTILIZADOS	47
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1 – SIMULAÇÃO	49
4.1.1 Power BI	50
4.2 - PROTÓTIPO	53
4.2.1 – Configurando o Raspberry Pi.....	55
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO.....	66
5.1 CONCLUSÃO	66
5.2 ESTUDOS FUTUROS	67
REFERÊNCIAS.....	68

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O termo *Internet of Things (IoT)* ou Internet das Coisas é representado por uma rede de dispositivos, veículos, aplicações domésticas e outros sistemas embarcados com eletrônicos, software, sensores, atuadores, e o principal, todos conectados por meio da internet permitindo que dados e oportunidades sejam trocados entre si, resultando em melhoras de performance, economia e, conseqüentemente, a redução da intervenção humana para que as tecnologias funcionem simultaneamente (Burgess, 2018).

As aplicações de IoT estão crescendo desde *wereables* que comunicam com aplicativos, como os gadgets diretamente conectados com o usuário (Rouse, 2007), até mesmo iniciativas de governos para investir em projetos de cidades inteligentes em um futuro próximo. Pesquisas realizadas por uma das maiores empresas de consultoria do mundo, a McKinsey, mostram que o mercado de *Internet of Things* chegará a \$620 bilhões de dólares até 2025 (MS Library Research, 2016).

Dentre os componentes envolvidos no campo de IoT que mais chamam a atenção do alto investimento de empresas e indústrias é o uso de *Cloud Computing* (Morgan, 2014). *Cloud Computing* é um serviço popular que oferece vantagens para IoT, e é baseado no conceito de permitir que usuários realizem tarefas utilizando serviços entregues inteiramente via internet. Exemplos comuns de ferramentas de *Cloud* seria o OneDrive (OneDrive, 2018), GooglePhotos (GooglePhotos, 2018) e o Dropbox (Dropbox, 2018), serviços que funcionam como um servidor na nuvem.

O fato do uso de IoT também ser relacionado ao paradigma de *Big Data e analytics*, utilizando *Cloud Computing* será possível realizar o monitoramento de serviços e o processamento de uma grande quantidade de dados (Alberto, 2016). Por exemplo, dados obtidos por um sensor podem ser enviados e salvos na nuvem, logo após isso podem ser utilizados de forma inteligente para monitoramento e atuação de outros dispositivos conectados. No entanto, quando as duas tecnologias são implementadas ao mesmo tempo, a segurança é um dos maiores desafios para se enfrentar, uma vez que quando um dispositivo está conectado à internet, o mesmo pode estar exposto à uma série de problemas, como exemplo os “famosos” ataques cibernéticos.

Apesar de todos os desafios, um dos setores que vem se beneficiando cada vez mais com as aplicações de IoT são empresas do ramo de agronegócios. Empresários do ramo estão percebendo um grande potencial que a internet das coisas oferece, reduzindo as perdas e principalmente otimizando a produção (Borja, 2018). Sensores conectados via *wireless* abriram

um novo horizonte para o mercado com informações de diversas variáveis em tempo real sobre recursos como água, ar, solo, plantações e clima. Independentemente do tipo de aplicação, seja no controle de irrigação e aprimoramento de fertilização em plantações de milho, monitoramento e suporte a tomada de decisão em plantações de morangos, aplicações reais de sensores de IoT na agricultura já são cada vez mais comuns ao redor do mundo (Bastos, 2017).

Além do mais, um dos quesitos mais importantes na transformação da agricultura e seu processo de produção é o crescimento da automação, o que acaba aumentando a produtividade e reduzindo a necessidade de força humana. A automação está presente nos veículos, robôs, até mesmo casas autônomas estão sendo criadas com o desenvolvimento do campo de IoT (Ocean, 2016).

No entanto, a maioria das aplicações de monitoramento e coleta de dados possuem relativamente baixas necessidades em termos de largura de banda e baixa latência (OceanConnect, 2016). Em termos de aplicação, a implementação e robotização da agricultura não é uma tarefa fácil, sendo um desafio para pessoas acostumadas com formas simples de plantio e de colheita (Techminds, 2017). Porém, quando falamos a respeito de custos e benefícios, as tecnologias surgem para tornar o trabalho mais eficiente (Euractiv, 2016). Entre as tecnologias presentes em campo, temos como exemplo, a ordenha robotizada para produção de leite, controle de qualidade do leite, controle da alimentação dos animais, gerenciamento do rebanho, máquinas com piloto automático, sensoramento remoto e até mesmo mapeamento de produtividade (Techminds, 2017).

Todas essas tecnologias citadas possuem em comum um software de monitoramento de dados que pode permitir que os administradores do sistema sejam mais proativos e gastem menos tempo de atividade tornando o sistema cada vez mais responsável pelas tomadas de decisão (Chris Paap, 2016). Dentro dessas ferramentas, entra a tecnologia de *Cloud Computing*, representando a entrega de diversos serviços de computação – servidores, armazenamento, banco de dados, rede, software, análise, inteligência e outros. Por meio da Internet, esses serviços conseguem ser entregues de forma mais rápida, com recursos flexíveis e economia de escala (Azure Microsoft, 2018). Geralmente, o usuário paga somente pelos serviços utilizados da nuvem, sendo cada vez mais fácil reduzir os custos operacionais e dimensionar o projeto de acordo com suas necessidades.

1.1 – TEMA

Este trabalho teve como tema a demonstração prática de IoT para o campo, com a elaboração de uma estação meteorológica utilizando sistema embarcado baseado na tecnologia

Raspberry Pi com comunicação de dados em tempo real por meio da plataforma Azure *Cloud* da Microsoft.

1.2 – PROBLEMATIZAÇÃO

A estação meteorológica é uma ferramenta utilizada para monitorar condições meteorológicas em lavouras e ajuda agricultores a tomarem decisões importantes. A observação meteorológica muitas vezes se dá por meio da superfície da terra e é realizada nas estações, nas quais coletas diárias são feitas de dados referentes as diversas variáveis atmosféricas existentes. Para a coleta de dados, é necessário uma série de cuidados, com relação à localização, instalação de equipamentos e padronização dos horários de observação e com os procedimentos operacionais (Agrosmart, 2018).

Existem dois tipos de estações meteorológicas: estações automáticas e estações convencionais. Nas automáticas, os dados são coletados de forma automatizada, os sensores emitem sinais elétricos que são captados por um sistema de aquisição de dados. Já nas estações convencionais, uma pessoa coleta os dados medidos diariamente, uma vez que os instrumentos que compõe esse tipo de estação são de leitura direta, como o termômetro e o pluviôgrafo.

Em lavouras mais antigas as estações convencionais prevalecem, no entanto, em dias chuvosos, por exemplo, a medição pode ser completamente afetada bem como os equipamentos. Estações automáticas, embora possuam a vantagem de utilizar o sistema de aquisição de dados, é necessário um outro dispositivo conectado para a transferência de informações.

Neste trabalho, a comunicação entre o sistema embarcado e a plataforma de *Cloud* da Microsoft se dá de forma simples, uma vez que é possível utilizar dados telemétricos de dispositivo para nuvem e definir rotas de mensagens para outros serviços do Azure sem escrever nenhum tipo de código (Azure, 2018). Uma das principais funcionalidades da plataforma que oferecerá uma vantagem durante o desenvolvimento é a possibilidade de trabalhar offline ou com conectividade intermitente, tendo em vista o cenário da maioria das lavouras e plantações agrícolas do país, a conexão com a internet ainda não é totalmente oferecida.

1.4 – OBJETIVOS

1.4.1 – Objetivos gerais

A proposta deste trabalho é o estudo da plataforma de *Cloud* da Microsoft, Azure e a utilização de um sistema embarcado e um sensor de temperatura e pressão onde os dados são tratados na nuvem e consequentemente monitorados em tempo real.

1.4.2 – Objetivos específicos

Para elaborar um protótipo funcional de envio de dados dos sensores é necessário concluir uma série de etapas de desenvolvimento do projeto e de avaliação das ferramentas adotadas como solução. Dentre estes passos, o primeiro objetivo é de realizar um levantamento sobre as tecnologias de *Cloud Computing*, comparando as principais soluções, tendo em vista a escolha da ferramenta adequada e a disponibilização para trabalhos futuros utilizando estas tecnologias.

Objetivo Específico 1: Levantamento das diferentes soluções de Cloud Computing

Inicialmente, um levantamento entre as principais soluções de *Cloud* existentes no mercado é feita. São estudadas as plataformas Amazon *Web Services*, Google *Cloud*, Microsoft Azure e IBM *Cloud* e suas aplicações diversas.

Objetivo Específico 2: Construção de um protótipo funcional sob condições controladas

O segundo objetivo específico é a simulação e construção de um protótipo para demonstração de uma estação meteorológica, utilizando um Raspberry Pi 3 e alguns sensores.

Objetivo Específico 3: Validação do Protótipo

O último objetivo específico é realizar a validação do protótipo, estabelecendo a conexão com *Azure Cloud* e realizar a visualização da informação dos sensores conectados no *Raspberry Pi*.

1.5 – JUSTIFICATIVA

As estações meteorológicas possuem um papel importante para a agricultura, uma vez que as informações fornecidas irão impactar diretamente na produtividade (Tecnologia e Floresta, 2018). Em dias chuvosos, por exemplo, o agricultor sabe que não terá que ligar o pivô para as plantas, devido aos dados obtidos por meio da estação. Os mais diversos sensores e

monitores são capazes de verificar a velocidade e direção do vento, umidade e outros aspectos importantes. No entanto, utilizando estações convencionais é necessário contar com profissionais capacitados para gerar informações para a tomada de decisão de produtores, sendo que este trabalho poderia ser realizado por meio de outros recursos mais avançados.

As dificuldades não estão só no sistema físico, considerando uma estação meteorológica automática (EMA), a coleta de dados não é realizada de forma simples. Um sub-sistema de comunicação é responsável pela transmissão de dados. O INMET, utiliza o Autotrac (INMET, 2018), que permite uma comunicação em tempo real entre a estação automática e o sistema de transmissão de dados. Porém, esses sistemas possuem um alto custo de manutenção, uma vez que carregados utilizando baterias e painéis solares, equipamentos que necessitam de uma manutenção em um período regular durante o uso.

O custo operacional, além do custo pessoal das diversas equipes responsáveis pelo monitoramento e com o deslocamento de carros especiais para manutenção, para cada estação que utiliza o Autotrac via satélite, o valor pago pode variar até R\$700,00/estação (INMET, 2018). Uma outra desvantagem é que além da comunicação ser feita via satélite, a outra alternativa seria por telefonia celular, o que acaba sendo um grande problema, visto que nem todas as propriedades possuem uma boa cobertura para uso de redes móveis celulares.

Desta forma, outras alternativas de estações surgem com o avanço do estudo de tecnologias de IoT, e formas mais simples de coleta de dados surgiram para facilitar o dia-a-dia do agricultor (Business Insider, 2016).

1.6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de *Cloud Computing* é uma ótima opção para sistemas de IoT, uma vez que os mesmos geralmente armazenam uma grande quantidade de dados. A aplicação deste trabalho pode ser variada de acordo com as necessidades do agricultor, das condições do plantio, e se o ambiente permite a modernização tecnológica. No capítulo 2, a parte teórica deste trabalho é discutida por meio das referências bibliográficas e suas aplicações. No capítulo 3, os materiais e métodos mostram os recursos que foram utilizados para a execução prática do trabalho e alguns passos para alcançar os objetivos já descritos anteriormente. Para finalizar, no capítulo 4 os resultados e discussões são apresentados e no capítulo 5 a conclusão do trabalho e possíveis estudos futuros.

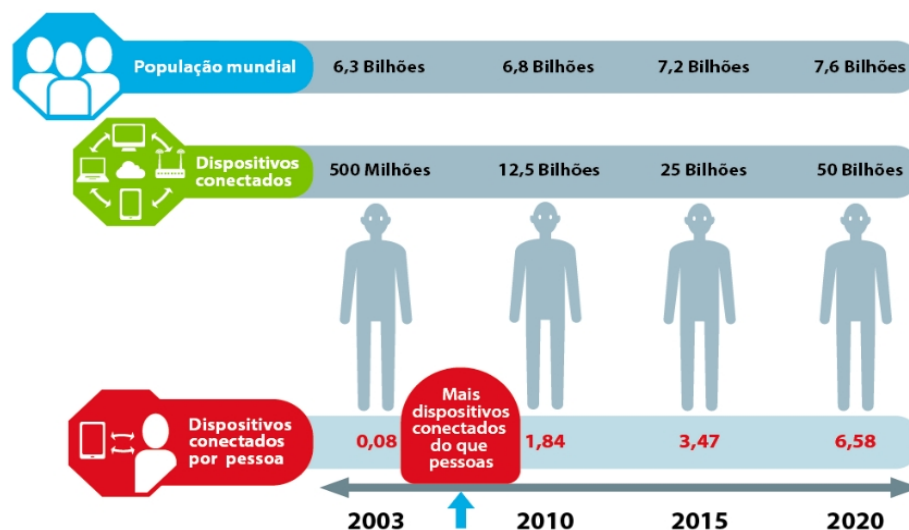
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são discutidos os principais tópicos relacionados ao trabalho, incluindo a Internet das Coisas, conceitos de *Big Data* e de *Cloud Computing*, que junto ao conceito de redes de sensores sem fio, fazem parte da chamada Indústria 4.0 (Stevan, 2018). Os pilares da Indústria 4.0 são utilizados em outros setores, como na Agricultura 4.0 por exemplo, tópico abordado neste capítulo junto com o impacto desta tecnologia no campo.

2.1 – INTERNET DAS COISAS

O termo *Internet of Things* (IoT) possui como conceito a presença de vários dispositivos, ou “coisas”, conectados, assim como objetos via *wireless* ou por conexões com fio utilizando protocolos de comunicação capazes de controlar o ecossistema de trabalho (Sahitya, 2012). Embora as aplicações estejam crescendo em diversos campos, na agricultura o desafio muitas das vezes é maior. Alguns países como a Índia (Sahitya, 2012) estão passando por diversas transformações para promover um aumento na economia rural, bem como aumentar os investimentos feitos em tecnologias. As principais áreas a serem exploradas nos próximos anos dentro de propriedades rurais são: biotecnologia, nanotecnologia e tecnologia da informação e comunicação (Jeong, 2016). De acordo com SENAI (2018) e mostrado na Figura 1, até 2020 cerca de 50 bilhões de dispositivos estarão conectados entre si.

Figura 1. Evolução da Internet das coisas

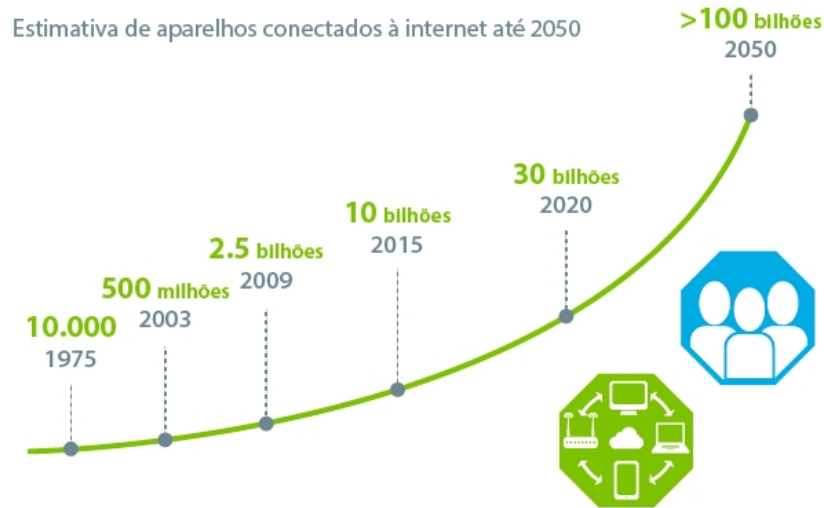


Fonte: SENAI (2018) ¹

¹ Disponível em: <<https://bit.ly/2PEAEJZ>> Acesso em: 30 de outubro de 2018.

A estimativa é que cerca de 100 bilhões de dispositivos estejam conectados até 2050, conforme Figura 2.

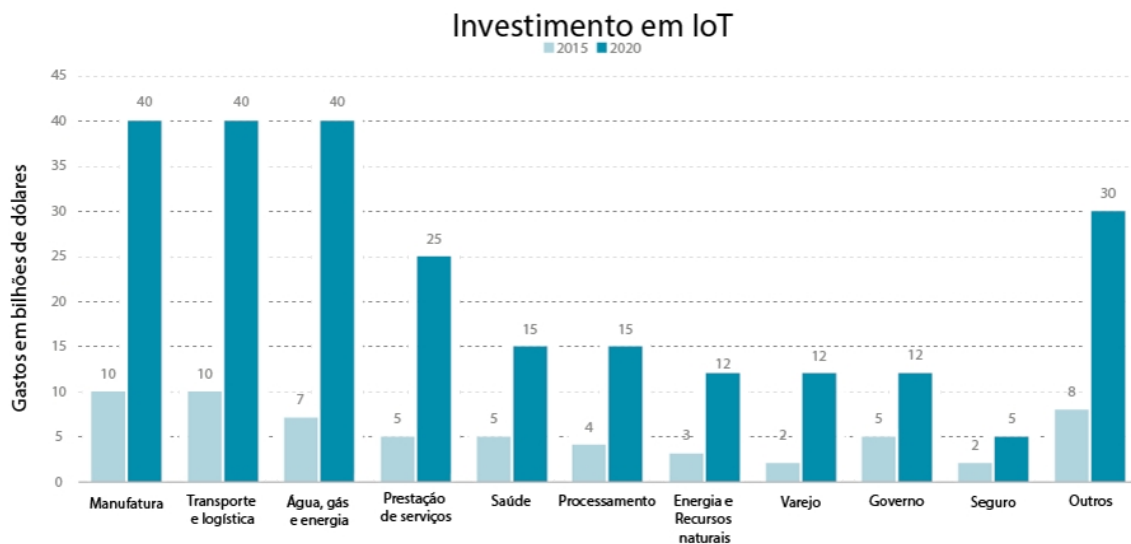
Figura 2. Estimativa de aparelhos conectados



Fonte: SENAI (2018)²

As áreas da indústria que serão beneficiadas com os dispositivos conectados estarão cada vez em mais expansão e os investimentos em tecnologia serão cada vez maiores. No gráfico indicado na Figura 3 é possível ver que os investimentos em IoT por segmento de indústria irão aumentar significativamente até 2020.

Figura 3. Investimento em IoT até 2020

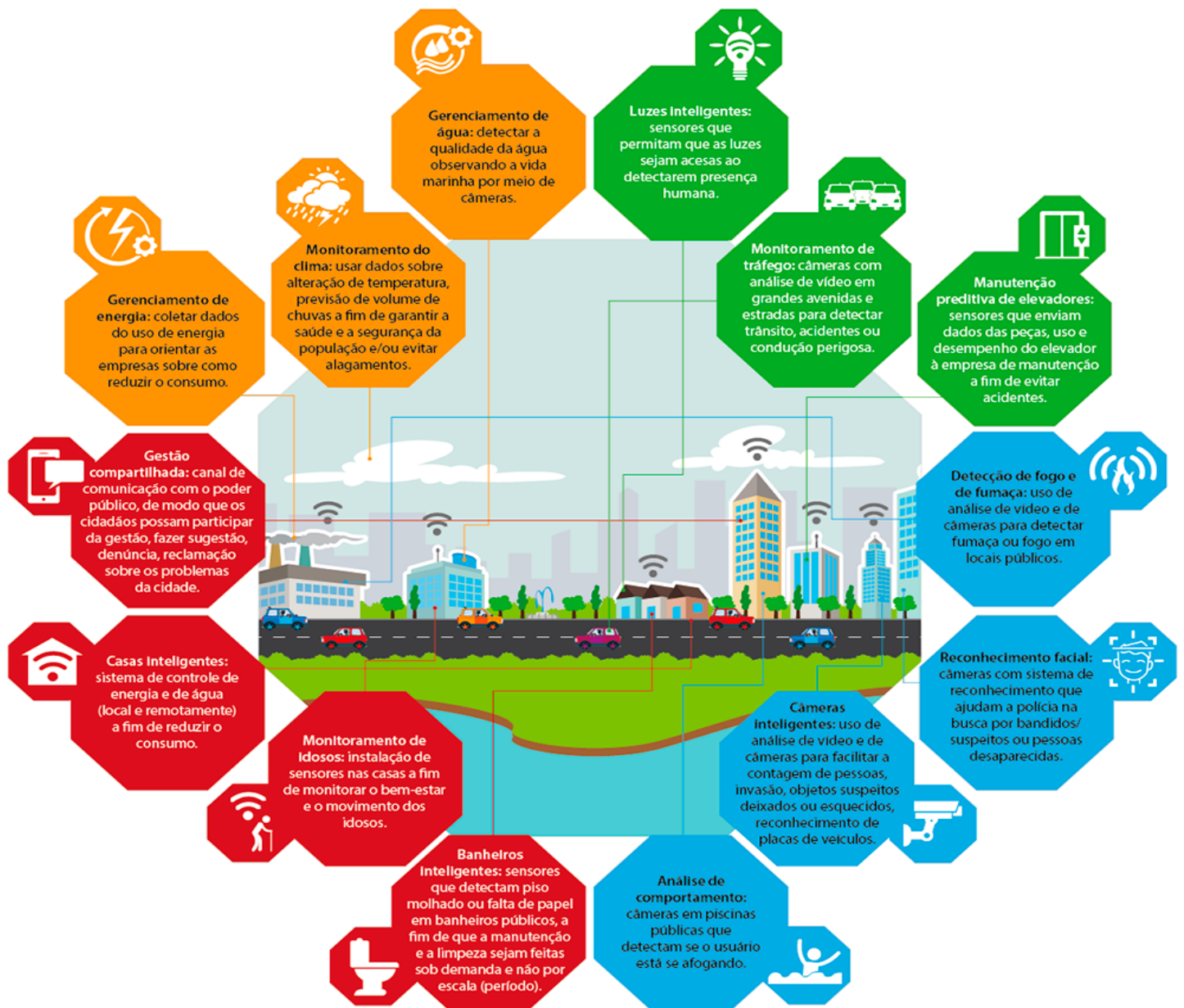


Fonte: SENAI (2018)³

² Disponível em: < <https://bit.ly/2PEAEJZ> > Acesso em: 25 de outubro de 2018.

³ Disponível em: < <https://bit.ly/2PEAEJZ> > Acesso em: 25 de outubro de 2018.

Figura 4. Aplicações da Internet das Coisas.



Fonte: SENAI (2018)⁴

A Figura 4 relata as principais aplicações de IoT em diversos setores, desde luzes inteligentes até o gerenciamento de água para detectar bactérias e outros problemas. É possível notar que uma casa poderá ser completamente inteligente com todos os seus recursos conectados entre si.

⁴ Disponível em: <<https://bit.ly/2PEAEJZ>> Acesso em: 30 de outubro de 2018.

2.2 – *BIG DATA E CLOUD COMPUTING*

Frequentemente associado à IoT, a tecnologia denominada *Big Data* está cada vez mais presente na literatura e nas pesquisas. No mundo com dispositivos cada vez mais conectados, máquinas são equipadas com sensores que medem uma enorme quantidade de dados para obter informações sobre o comportamento da máquina (Wolfert, 2017). As formas podem variar desde um simples mecanismo de retorno até o estudo de algoritmos de estudos profundos (MIT Technology Review, 2017). Além disso, o termo *Big Data* pode ser associado a um grande volume de informação, velocidade e variedade de métodos analíticos para transformar os dados em alguma informação simbólica dependendo da aplicação (De Mauro, 2016).

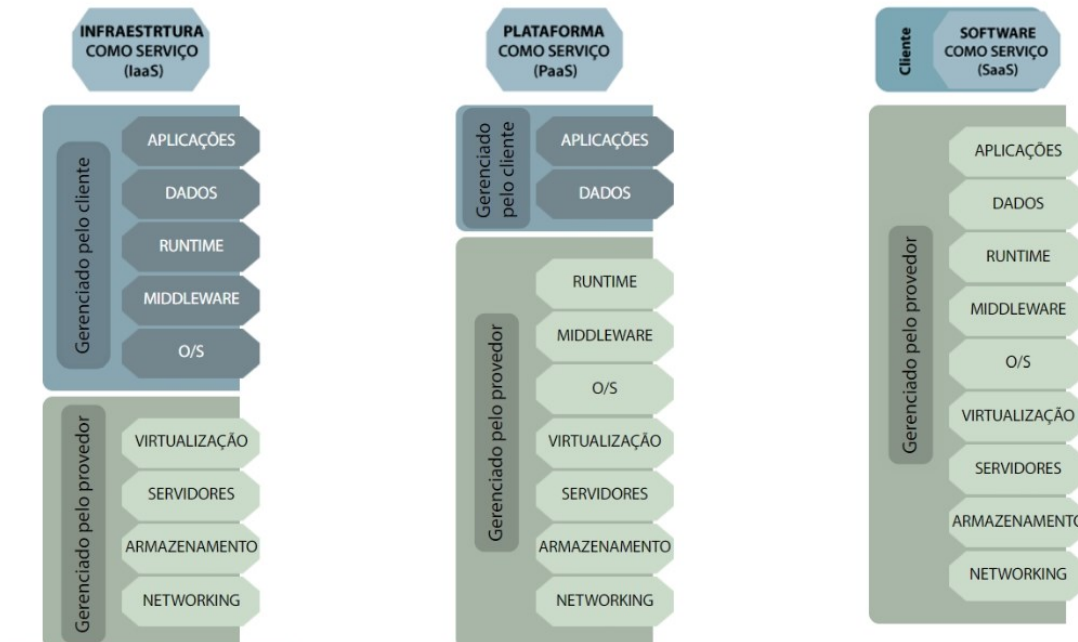
Analisando o cenário de volume de informações, atualmente mais de 5 bilhões de usuários utilizam uma grande quantidade de dados dentro do Facebook e outras redes sociais (Manekar e Pradeepini, 2015). Por outro lado, a ascensão dessa tecnologia faz com que seja necessário trabalhar paralelamente os benefícios de utilizar ferramentas de *Cloud Computing*, uma vez que as mesmas estão emergindo cada vez mais. Para ilustrar, em *health care*, dados clínicos podem aparecer em formas de imagens e vídeos, esses dados de imagem coletados de um paciente consomem um espaço significativo de memória (Intel White Paper, 2015).

Com o surgimento do termo *Cloud* ou computação em nuvem, a Internet funciona como um *backbone* para utilização de serviços em servidores remotos para guardar e monitorar processos de dados ao invés de *data centers* locais ou computadores pessoais (Manekar, 2015). Estudos recentes mostram que a nuvem será uma das tecnologias proeminentes do futuro e que a grande maioria dos serviços e aplicativos serão migrados para a nuvem. Pesquisadores de diversas áreas acreditam que os dados devem ser migrados para acelerar os processos, dando cada vez mais espaço para o termo de IAS (Internet as a Service) (Pradeepini, 2015). Em termos de escalabilidade, as tecnologias de *Cloud Computing* proporcionam redes de acesso *on-demand* dentro dos diversos recursos da computação, como redes, sistemas, aplicativos e serviços (Mhatre, 2017).

Além disso, existem 3 principais tipos de serviços que podem ser oferecidos permitindo uma maior flexibilidade para os clientes, podendo ser *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS) e *Infrastructure as a Service* (IaaS) (Mhatre, 2017). Em síntese, SaaS permite um acesso remoto ao software, aplicações do sistema e suas funções dentro da internet como serviço. O PaaS, oferece aplicações de *frameworks* dentro de sistemas operativos, para reduzir eventos indesejáveis dentro da arquitetura do sistema e permite a utilização de aplicativos dentro da nuvem para usuários enquanto não se faz necessário a instalação de nenhuma ferramenta ou software dentro da máquina (Azure Microsoft, 2017).

A Figura 5 ilustra a principal diferença entre cada um dos serviços. O serviço de IaaS, oferece diversos recursos de *Cloud Computing*, dentre eles o hardware, servidores, redes e um espaço enorme para armazenamento (Mhatre, 2017).

Figura 5. Modelo de serviços.



Fonte: SENAI (2018) ⁵

Após analisar quais os tipos de serviços de *Cloud Computing* que podem ser oferecidos, o modelo de implementação da nuvem também se faz necessário o conhecimento. As opções para entrega consistem em nuvem pública, privada ou híbrida, conforme indicado na Figura 6 (Azure Microsoft, 2018).

Figura 6. Modelos de implementação de nuvem.



Fonte: TIINSIDE, 2017 ⁶

A nuvem pública é uma das implementações mais conhecidas os recursos da nuvem são operados por um provedor de serviços de nuvem e entregues por meio de um servidor alocado na internet. O sistema de *Cloud Azure* da Microsoft é um dos exemplos. Neste caso, todo o hardware, software e todo o suporte de infraestrutura é possuído e gerenciado por um provedor

⁵ Disponível em: < <https://bit.ly/2PEAEJZ> > Acesso em: 25 de outubro de 2018.

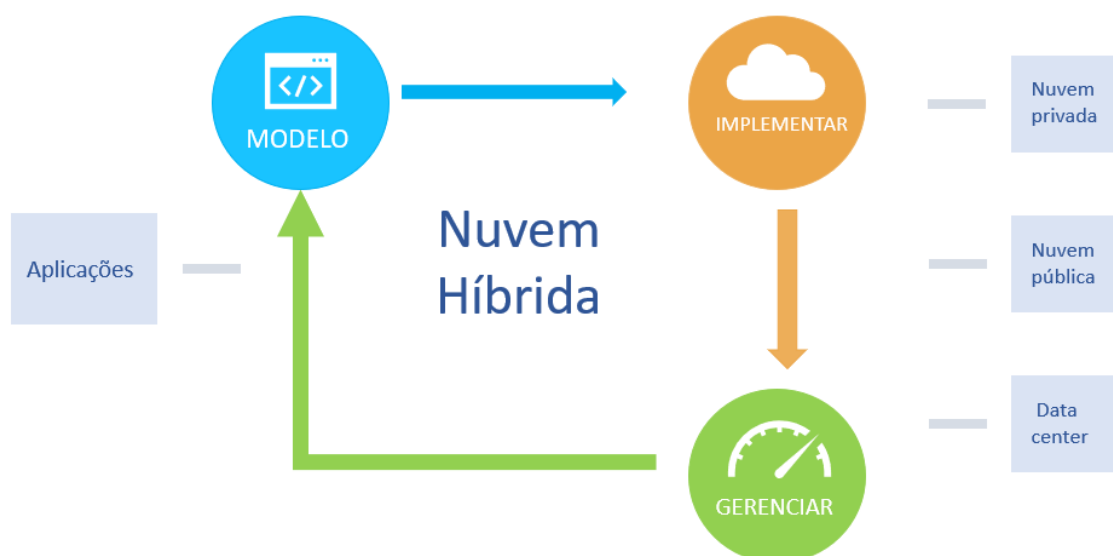
⁶ Dispon[ível em: < <https://tiinside.com.br/tiinside/08/11/2017> > Acesso em: 30 de junho de 2019.

da nuvem. As principais aplicações são: *email web-based*, aplicativos online, armazenamento e desenvolvimento de ambientes (OpenSource, 2017). A sua vantagem fundamental é o baixo preço a curto prazo, uma vez que não é necessário comprar hardwares ou softwares, apenas pagar pelo serviço que está sendo utilizado (Interoute, 2018).

A nuvem privada, por outro lado, oferece recursos de *Cloud Computing* exclusivos de alguma organização. A nuvem pode ser localizada em um datacenter físico ou dentro de um provedor terceirizado. Em contrapartida, os serviços e infraestrutura são mantidos em uma rede privada e o hardware é dedicado apenas para a organização, atendendo requerimentos específicos de TI e recursos. Na maioria das vezes, os principais clientes de uma nuvem privada são as agências governamentais e instituições financeiras, que visam buscar cada vez mais segurança para os dados. Esta é uma das mais importantes características deste tipo de implementação, já que os recursos não são compartilhados com outros, garantindo um nível alto de controle e proteção (Oracle, 2018).

Sob outra perspectiva, a nuvem híbrida combina os dois tipos de nuvem, privada e pública para que as organizações aproveitem as vantagens das duas, a Figura 7 ilustra os três tipos de implementação da nuvem. Dentro de uma nuvem híbrida, os dados podem ser movidos entre nuvens públicas e privadas para melhorar a flexibilidade e os tipos de implementações (Azure Microsoft, 2018). Uma das vantagens fundamentais da nuvem híbrida é a possibilidade de ocorrer um “*Cloud bursting*” (Service Architecture, 2017), quando uma situação crítica ocorre dentro de uma nuvem privada que requer recursos adicionais como bateria, armazenamento, todo o sistema pode ser escalado para uma nuvem pública e utilizar os recursos de *Cloud Computing*.

Figura 7. Nuvem híbrida.



Fonte: A autora

Para relacionar *Cloud* com IoT, é falado cada vez mais em sensores inteligentes, ou integração de dispositivos para criação de *smart devices*. A integração de dispositivos wireless e *Cloud Computing* deve ser uma das principais vertentes a serem estudadas. Basicamente, o maior objetivo do ambiente de *Cloud* é fazer um bom uso do armazenamento e processamento de dados. Os aplicativos, plataformas e a infraestrutura (máquina virtual, servidor de acesso e os data-centers) estarão dentro do próprio sistema *Cloud*, que neste trabalho será o Azure.

2.3 – FERRAMENTAS DE *CLOUD COMPUTING*

Atualmente, existem três principais plataformas de *Cloud* que tomaram a frente do mercado. São elas: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure e Google *Cloud Platform* (GCP) (Medium, 2018). Cada plataforma possui sua peculiaridade e preços que podem ser ideais para sua aplicação e requerimentos de desenvolvimento.

2.3.1 – Amazon Web Services (AWS)

A plataforma de *Cloud* da Amazon oferece quase todos os recursos de nuvem necessários na indústria. Eles permitem que você tenha acesso fácil a bateria do computador, armazenamento de dados e outros recursos importantes. Além disso, algumas ferramentas de desenvolvedor, gerenciamento, serviços *mobile* e serviços de aplicativos. Uma outra vantagem dessa plataforma, é que diante toda a competição existente entre as plataformas, o seu preço vem sendo diminuído para ter uma maior quantidade de usuários. A plataforma possui mais de 15 anos de infraestrutura dentro do mercado, oferecendo maior confiança aos seus usuários (Amazon AWS, 2018).

2.3.2 – Microsoft Azure

Possui basicamente quase os mesmos recursos e soluções que o AWS. A plataforma oferece a vantagem de implementar e gerenciar máquinas virtuais como escala (Medium, 2018). É possível calcular e processar qualquer capacidade necessária dentro de poucos minutos. Os recursos do Azure auxiliam na integração de sistemas existentes, oferecendo maior poder e capacidade para o ambiente de desenvolvimento. O preço é baseado no tipo de produto o time de desenvolvimento precisará, a hora do servidor varia de \$0.099 até \$0.149 por hora. Quando comparado ao AWS, o preço é razoavelmente igual em termos de GB de RAM.

2.3.3 – Google Cloud Platform

A plataforma de nuvem da Google oferece inúmeros serviços para desenvolvedores. Eles possuem um tipo de serviço chamado App Engine, que permite a criação de uma aplicação sem a necessidade de lidar com o servidor. Além do mais, possui alta escalabilidade, armazenamento, redes e banco de dados. Os preços são medidos conforme o uso, e baseados em consumo por segundo. O GCP oferece descontos para usuários de longo prazo começando a partir do primeiro mês, sendo interessante para desenvolvedores que necessitam criar um projeto de aplicativos móveis mantendo o preço baixo (Google *Cloud*, 2018). A Google continua investindo em preços baixos para manter a concorrência acirrada.

2.3.4 – IBM Cloud

O serviço de *Cloud* da IBM, o IBM Bluemix oferece serviços de PaaS, SaaS e IaaS. Por meio do IBM *Cloud* IaaS, as organizações e até os desenvolvedores podem implementar soluções com acesso virtual e recursos de TI como bateria do computador, armazenamento e rede via internet (Nodericks, 2018). Além disso, dentro do serviço de *Cloud* da IBM é possível utilizar o Watson, serviço de inteligência artificial que permite relacionar as aplicações na nuvem, armazenar e gerenciar os dados de forma segura (IBM, 2018).

2.4 – COMPARAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS DE CLOUD COMPUTING

Quando se compara as duas principais ferramentas de nuvem pública do mercado, Azure e AWS, a Amazon acaba oferecendo uma maior quantidade de recursos por um preço razoável (Dordevié, 2014). Conforme o exemplo de Dordevié, enquanto uma interface Azure possui 8 núcleos de CPU's virtuais e 14GB de armazenamento por 0,72 dólares/hora, a Amazon oferece 8 núcleos de CPU's com 30 GB de RAM e 2x80GB memória SSD por um preço de 0,56 dólares/hora. Para facilitar as comparações entre as ferramentas, uma vez que para cada comparação é necessário um estudo de caso para uma aplicação específica, algumas informações sobre a adoção das plataformas no mercado indicadas na Figura 8 e Figura 9.

Vale lembrar que o uso da plataforma de *Cloud* da Microsoft inclui o Office 365 que também domina o mercado, ou seja, o consumo na nuvem não está diretamente ligado somente ao Azure (Zdnet, 2018). Como concorrente existe o Google Docs, o website para edição de textos, criação de planilhas, apresentações e formulários (Google, 2018) de forma simultânea com outras pessoas ou um grupo de trabalho.

O que mais tem chamado a atenção das empresas no uso da computação na nuvem, no entanto, é a utilização da plataforma com recursos de inteligência artificial e *machine learning*.

A Amazon possui diversos serviços de AI e machine learning e possui a Alexa como uma assistente digital (Zdnet, 2018). O Google, ainda está estudando como alavancar o seu crescimento de consumo na nuvem com *machine learning*, enquanto a Microsoft chama atenção para o uso de inteligência artificial e IoT (Azure, 2018).

Já o IBM Bluemix possui o seu próprio assistente de serviços cognitivos e AI, o IBM Watson, considerado uma das principais vantagens dentro da sua plataforma (IBM, 2018). Outro requisito de grande importância para desenvolvedores é o suporte para banco de dados. O Azure possui capacidade de lidar com *Big Data*, NoSQL e banco de dados relacionados, enquanto as outras plataformas não oferecem suporte para todos os tipos (Whizlabs, 2018). Quando se compara a gestão de segurança das plataformas, a Amazon possui o serviço de nuvem mais seguro do mercado (Whizlabs, 2018). Além disso, ele possui um recurso de Amazon Virtual Private Cloud (VPC) oferecido pelo *firewall* Fortinet, que permite disponibilidade em diversas zonas *on-demand*.

Figura 8. Adoção das plataformas de nuvem



Fonte: WEINS (2017) ⁷

No quesito segurança, o Microsoft Azure, possui o *firewall* que oferece segurança otimizada para dados e aplicações e não necessita de segurança extra quando ocorre uma migração. A Google possui como *firewall* o FortiGate Next-Generation, que oferece segurança avançada e crítica no GCP (Google Cloud Platform) (Whizlabs, 2018). Em contrapartida, o serviço de nuvem da IBM foi projetado para proteger os dados por meio da codificação dos dados, durante a utilização dos recursos da plataforma (IBM, 2018). A criptografia de dados, monitoramento de identidade personalizada e segurança da rede são as principais apostas de segurança no IBM Bluemix. Conforme Figura 9, os principais serviços de nuvem do mercado são das 4 gigantes de tecnologia: Google, Microsoft, IBM e Amazon.







⁷ Disponível em: <<https://www.rightscale.com/blog/cloud-industry-insights/cloud-computing-trends-2017-state-cloud-survey>> Acesso em: 26 de outubro de 2018.







Figura 9. Principais serviços de nuvem do mercado.



Fonte: Nodericks Technologies (2018) ⁸

Figura 10. Preço/armazenamento Azure

Azure Blob			
			
	Quente	Frio	Arquivo
	Dados acessados frequentemente	Dados acessados sem frequência	Dados raramente acessados
 Por TB Por mês	\$18.40	\$10.00	\$2.00
 Por operações De 10K	\$0.05	\$0.10	\$0.10
 Tempo de recuperação	Imediato	Imediato	Horas
Casos de uso	Armazenamento de dados de aplicativos nativos em nuvem	Repositório para servidores de backups	Arquivo de registros médicos

AWS			
			
	Quente	Frio	Arquivo
	Dados acessados frequentemente	Dados acessados sem frequência	Dados raramente acessados
 Por TB Por mês	\$23	\$12.50	\$4
 Por operações De 10K	\$0.004	\$0.01	\$0.005
 Tempo de recuperação	Imediato	Imediato	3-5 Horas *
Casos de uso	Armazenamento de dados de aplicativos nativos em nuvem	Repositório para servidores de backups	<u>Amazon Glacier Expedited, Standard* e Bulk</u>

Fonte: CRUMP e GOMEZ (2017) ⁹

⁸ Disponível em: <<https://www.nodericks.com/aws-vs-azure-vs-google-vs-ibm-cloud-best/>> Acesso em: 24 de outubro de 2018.

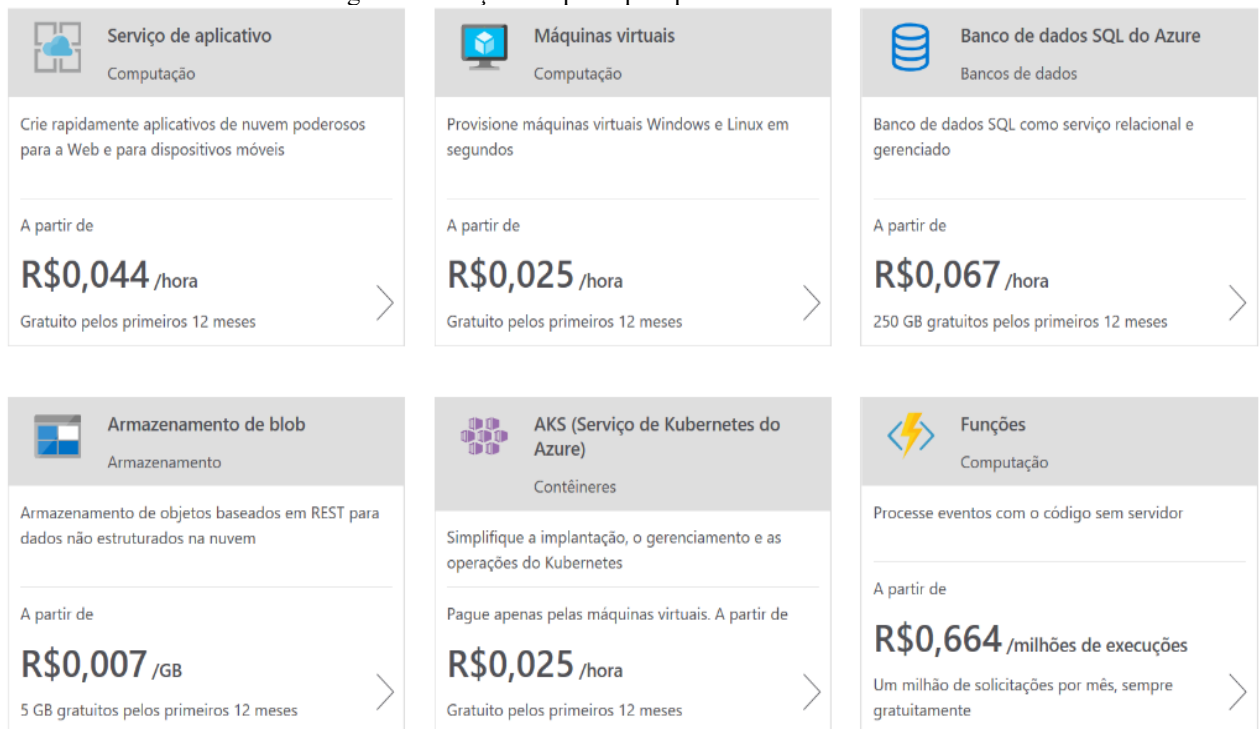
⁹ Disponível em: <<https://bit.ly/2DkHYon>> Acesso em: 26 de outubro de 2018.

Considerando que o foco deste trabalho são os dados da estação meteorológica, a segurança é importante, mas os dados não são críticos, ou seja, não há uma exigência de segurança adicional, sendo o custo destes serviços o fator que mais tem impacto na escolha.

Considerando as características das plataformas de *Cloud Computing* discutidas acima, foi analisado que as duas preferidas do mercado são: AWS e Azure. Para exemplificar a questão de preço, na Figura 10 são indicadas as diferenças comparando-se preço/armazenamento de dados.

Para um volume menor de dados, o Azure possui o preço categorizado de acordo com o tipo de produto que será utilizado na plataforma. O preço médio considerando os principais produtos oferecidos para usuários é indicado na Figura 11. Nos 12 primeiros meses alguns descontos ou até mesmo o produto gratuito é oferecido para garantir a fidelidade do cliente com a plataforma.

Figura 11. Preços dos principais produtos oferecidos.



Fonte: Azure Microsoft (2018) ¹⁰

A disponibilidade mundial e no Brasil de servidores Azure é outro fator positivo. A quantidade de data centers espalhados pelo mundo, conforme Figura 12, que funcionam como servidores da nuvem, abrangendo mais de 100 instalações todas vinculadas por uma das maiores

¹⁰ Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/?v=18.43>> Acesso em: 18 de outubro de 2018.

redes na Terra (Azure Microsoft, 2018) alcançando até 1,6 Penta bps de largura de banda em uma região.

Figura 12. Data centers Azure.



Fonte: Azure Microsoft (2018) ¹¹

Considerando que cada tipo de produto possui um preço, a estratégia é que o preço dos produtos mais importantes e que terão maior uso sejam mais baratos. O Azure IoT Hub é o produto mais barato quando comparado com o AWS e com o Google *Cloud*. Diversos tipos de protocolos de comunicação são aceitos, como os protocolos AMPQ, MQTT e HTTP, por exemplo. Para desenvolvimento de código, várias bibliotecas open-source estão disponíveis, como .NET, JavaScript, Java, C e Python (Azure Microsoft, 2018).

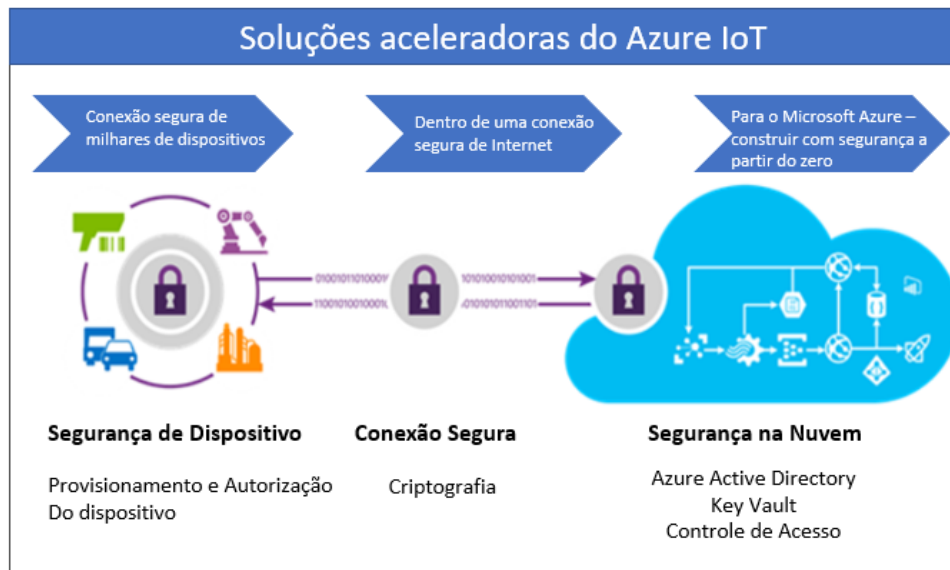
No que diz respeito à Internet das Coisas, o Hub IoT do Azure nos aceleradores de solução IoT, modelo mostrado na Figura 13, oferece um serviço gratuito que consegue uma comunicação bidirecional confiável e segura entre os dispositivos e os serviços da plataforma, como o Azure Machine Learning e o Azure Stream Analytics, que permite a interação com os dados recebidos dos sensores (Azure Microsoft, 2018).

A ideia do acelerador de solução é proteger os dispositivos enquanto estiverem fora de campo, fornecendo uma chave de identidade exclusiva para cada um deles, que poderá ser utilizada pela infraestrutura de IoT enquanto o dispositivo estiver em operação. Essa chave que

¹¹ Disponível em: < <https://azure.microsoft.com/en-us/> > Acesso em: 15 de outubro de 2018.

será gerada com uma identificação de dispositivo de usuário constitui a base de um token usado durante toda a comunicação entre o dispositivo e o Hub de IoT (Blog Azure IoT, 2018).

Figura 13. Aceleradores de solução de IoT.



Fonte: Azure Microsoft (2018)¹²

Desde comunicações criptografadas até no processamento de dados na nuvem, os aceleradores permitem que os dados continuem protegidos. Ele também fornece flexibilidade para que criptografias adicionais sejam implementadas e o gerenciamento de chaves de segurança (Azure Microsoft, 2018).

Além disso, o Azure fornece ferramentas de gerenciamento por meio de *data centers* da Microsoft (Azure, 2018). É possível também desenvolver por meio de várias ferramentas, linguagens de programação, ou qualquer tipo de framework existente, sendo possível assim, integrar os recursos de *public Cloud* com ambientes de TI (Dordevié, 2014). A disponibilização dos dados na plataforma facilitará a visualização para o agricultor, assim como simplificará o sistema necessário para implementar a estação meteorológica.

Todas essas informações de segurança, confiabilidade no processo, qualidade no armazenamento dos dados, facilidade de integração do dispositivo com uma plataforma de IoT fez com que a escolha para o desenvolvimento do trabalho fosse focada na nuvem da Microsoft.

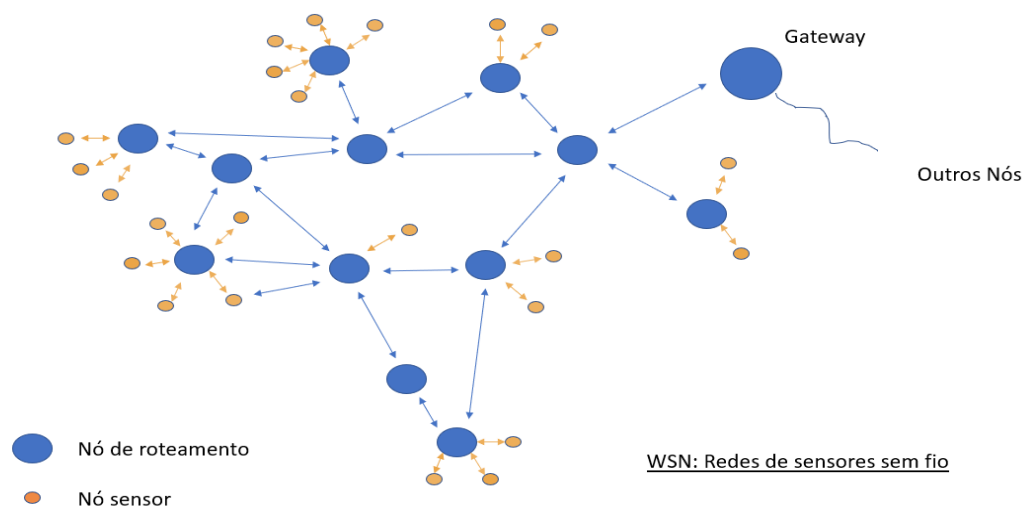
2.5 – REDE DE SENSORES SEM FIO

Um dos principais tipos de sensores utilizados para medir grandezas físicas como umidade, temperatura, etc, é o *Wireless Sensor Network* (WSN). Esse tipo de sensor é utilizado

¹² Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-fundamentals/iot-security-ground-up?context= azure/iot-hub/rc/rc>> Acesso em: 24 de outubro de 2018.

em aplicações diversas como: militares, mudanças climáticas e até mesmo de saúde assistida (Rai, 2017). A principal limitação quando se utiliza esses sensores está na capacidade de memória restrita, bateria limitada e capacidade de transmissão de informação. Com a aplicação desses sensores e os dados na nuvem, diversos benefícios podem ser vistos, como flexibilidade, baixo custo e alta capacidade de armazenamento (Mhatre, 2017). Um exemplo de uma rede de sensores WSN pode ser mostrado na Figura 14. A Figura representa uma rede de sensores sem fio, que consiste em dispositivos autônomos distribuídos espacialmente, os quais utilizam sensores para monitorar condições físicas ou ambientais.

Figura 14. Rede de sensores.



Fonte: RF Wireless World (2017) ¹³

Conforme Bong Wan Kim, as redes de sensores são preservadas por um longo tempo, especialmente quando utilizadas para monitoramento do ambiente. Neste caso, o período de sensoriamento pode ser mudado para melhorar a coleta de dados. O upgrade dos nódulos dos sensores é necessário para fixar o bug ou melhorar a performance. Em termos técnicos, é possível fazer a atualização dos códigos sob demanda. No entanto, irá consumir uma grande quantidade de carga (Bong Wan Kim, 2008) e recursos de comunicações por rede.

A utilização da rede de sensores dentro de IoT é muito importante, uma vez que a demanda mundial por comida vem crescendo com o passar do tempo, dando espaço para Internet das Coisas (IoT) e a implementação de *Data Analytics* (DA) para monitorar a grande quantidade de dados a serem avaliados (Dlodlo, 2015). Considerando as áreas do futuro a serem

¹³ Disponível em: <<http://celltt.com/fresh-sensor-network-architecture/fine-sensor-network-architecture-and-wsn-wireless-security/>> Acesso em: 28 de outubro de 2018.

exploradas, um novo conceito de agricultura surge e torna-se referência de estudo nas principais universidades de tecnologia do mundo, o *e-farming* (Sindhu, 2012).

2.6 – INDÚSTRIA 4.0 E A E-FARMING

Atualmente, dentro de diversas empresas, a transformação digital leva a um grande consumo de dados e integração de informações valiosas em processos de produção. O conceito da Indústria 4.0 é esperado impactar os processos de produção em um futuro próximo (Gokalp, 2016). É esperado ao mesmo tempo que máquinas estejam cada vez mais presentes em plantas de manufatura para interagir com o ambiente. Essa transformação ocorrerá devido ao fato de que os dispositivos terão a capacidade de processar dados em tempo real para prevenir potenciais problemas dentro do processo (Lee, 2014) e agilizar a cadeia de produção.

A principal força motriz da indústria 4.0 são os nove pilares tecnológicos, também denominadas de tecnologias habilitadores, consistindo de tecnologias relacionadas a:

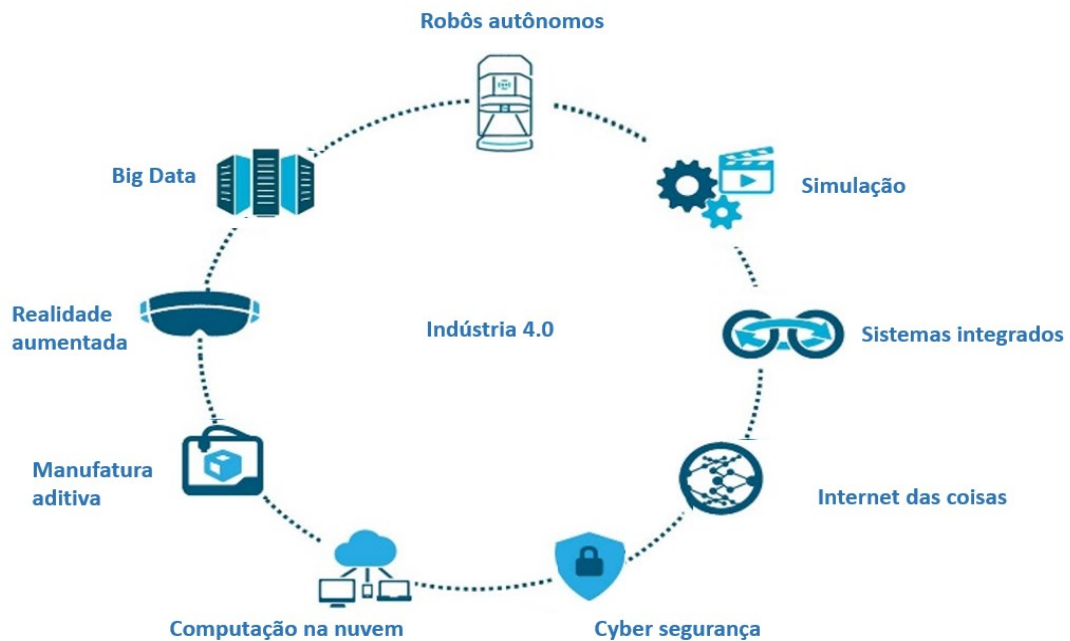
- Robôs autônomos;
- Utilização de sistema ciber-físicos e de simulações;
- As tecnologias de comunicação e integração entre sistemas;
- IoT;
- As tecnologias de segurança para redes;
- *Cloud Computing*;
- Manufatura aditiva (impressora 3D);
- Os avanços em realidade aumentada;
- *Big Data* (Senai, 2018; Stevan, 2018).

Todos os pilares estão conectados entre si, fortalecendo a Indústria 4.0, conforme mostra a Figura 15. Os dados coletados podem possuir diferentes níveis de complexidade nas aplicações de IoT, podendo ser na forma de vídeo, texto, imagens e áudio (Wolfert, 2017). O uso de plataformas de *Cloud IoT* permite que todo o conteúdo de *Big Data* seja coletado dos sensores e armazenado na nuvem. É incluso o uso de *hosting* de aplicações disponibilizando serviços e o gerenciamento da arquitetura do projeto de IoT (Elijah, 2018). Após enfrentar os desafios com a aquisição de dados, a forma de monitoramento utilizada em *e-farming* aparece com algumas complexidades, porém, tecnologias preditivas para evitar que pragas infectem uma plantação por meio de análise histórica de dados (Rubala, 2017) utilizando *machine learning* vem sendo uma das principais apostas para a agricultura dentro da Indústria 4.0.

Por meio dos recursos tecnológicos atuais, variáveis como custo, manutenção e performance de monitoramento podem ser controlados dentro de um projeto (Mahammad

Shareef, 2015). Sensores de rede de monitoramento são utilizados para medir informações como temperatura, umidade, nutrição do solo, nível de água, para que posteriormente o agricultor possa monitorar todas essas propriedades remotamente por meio de um computador ou smartphone (Mahammed Shareef, 2015). No entanto, alguns desafios são enfrentados para a robotização da agricultura, como a necessidade de novos modelos de negócio, segurança e privacidade e governança de dados (Venki, 2016).

Figura 15. Indústria 4.0.



Fonte: The Gaza Post (2017) ¹⁴

Na agricultura a automatização está cada vez mais presente. Diversos projetos de estações meteorológicas foram implementados, e os mesmos enfrentam alguns desafios, como a medição confiável dos equipamentos e sensores (Nsabagwa, 2016), que as vezes apresentam resultados diferentes e o número de estações meteorológicas não é representativo em áreas grandes (Otim, 2012). Basicamente, as estações automáticas coletam os dados e esses dados ficam reservados dentro de um sistema de *Cloud Computing* ou um servidor. Após um período, os dados são enviados para o observador utilizando Wi-Fi ou até mesmo conexões via Ethernet (Nsabagwa, 2016).

Considerando os sistemas de obtenção de dados, os dados da estação são enviados via cabo de rede e protocolo TCP/IP (Sugiarto, 2015). A rede geralmente é constituída por dois tipos: cabos de rede e rede wireless. O usuário nesses casos apenas vê o resultado obtido do sistema não tendo muito controle dos dados que são transferidos, e a distância da base até a

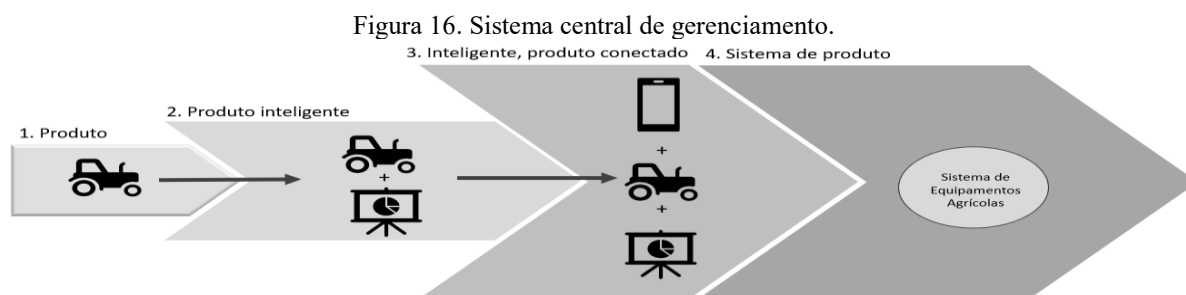
¹⁴ Disponível em : <<https://thegazapost.com/en/post/26888/Manufacturers-not-using-Industry-40-opportunities-to-the-fullest>> Acesso em: 28 de outubro de 2018.

estação é bem grande. Porém, com as novas descobertas de plataformas de *Cloud Computing*, o trabalho para envio de dados fica mais fácil e a possibilidade de fazer tratamento desses dados desde o começo fica cada vez mais acessível. A base de dados neste caso se torna o SaaS da Microsoft, Azure, e a estação e os sensores são plugados via cabo USB do Raspberry.

Basicamente o futuro das fazendas funcionará com tecnologias desde drones até *agribots*. É possível notar que toda as atividades que hoje são realizadas manualmente por uma pessoa serão robotizadas e focadas em redução de custos favorecendo negócios de grande escala e aumentando ainda mais a cadeia produtiva. Toda a parte da Indústria 4.0 está envolvida nessas aplicações: os drones que estão dentro de robótica e inteligência artificial, *agribots* que também abordam o tema de IA e internet das coisas, e a parte de *farming data* que entra neste projeto que está sendo desenvolvido utilizando dados enviados por algum sensor/dispositivo e armazenados na nuvem.

A quantidade de dados que serão enviados para o sistema pode parecer pouca a princípio quando se pensa somente em alguns sensores e dispositivos periféricos. Porém, considerando um sistema integrado entre um *smart-phone* e tratores, os dois estarão sincronizados com as atividades que estão sendo executadas, gerando dados e armazenando-os no sistema central de gerenciamento da fazenda. Equipamentos, dados da estação meteorológica, sistema de otimização e irrigação, todos estarão interligados para o funcionamento de uma *smart farm*, a Figura 16 representa o modelo de sistema central de gerenciamento em uma fazenda inteligente.

Outro ponto importante a se destacar é a quantidade de empresas que patrocinam e investem ideias no setor de fazendas inteligentes e AgroTech. Para cada área que está sendo robotizada, diversas empresas estão investindo, gerando produtos e até implementando protótipos para que alguns sejam lançados no mercado

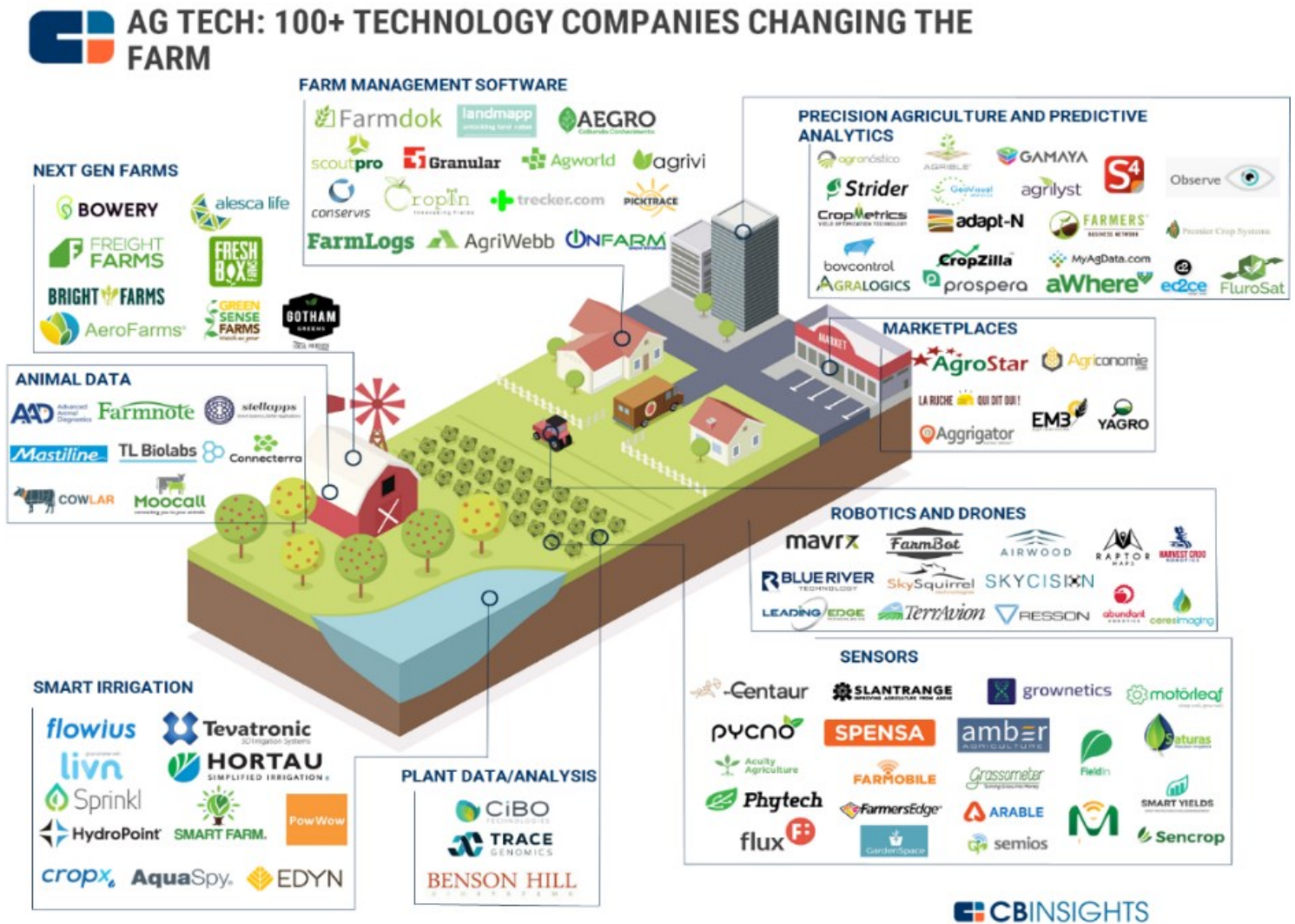


Fonte: PORTERJAMES e HEPPELMANN (2014)¹⁵

¹⁵ Disponível em: <<https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

Não só empresas grandes e multinacionais estão investindo nessas tecnologias, mas também *startups* foram criadas com a ideia de resolver problemas do campo e criar soluções para o mercado. Na Figura 17 são indicadas as principais empresas atuantes no setor.

Figura 17. Principais empresas atuantes no setor da AgroTech.



Fonte: CBInsights, (2018)¹⁶

2.7 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E A AGRICULTURA

Atualmente, o agronegócio exige cada vez mais a predição nas tomadas de decisões. Uma das principais dificuldades são os desperdícios e ineficiência que acabam diminuindo os lucros e deixando a vantagem competitiva. Com a ascendência das tecnologias no campo, o agricultor hoje consegue conhecer os dados meteorológicos específicos de sua propriedade com a utilização de sua própria estação meteorológica (Mercado Agrícola, 2018).

¹⁶ Disponível em: <<https://www.cbinsights.com/research/agriculture-tech-market-map-company-list/>> Acesso em: 30 de outubro de 2018.

A primeira estação meteorológica do Brasil foi a da marca Davis Instruments, que fornece uma gama de informações. Os principais dados a serem fornecidos são: temperatura do ar, temperatura do solo, umidade relativa do ar, umidade do solo, velocidade e direção do vento, precipitação, pressão atmosférica etc. A observação de tendências e a tomada de decisão de grande impacto dentro de uma plantação é de extrema importância para o agricultor, até mesmo para monitoramento de lavouras para maior economia de água e energia durante os processos de irrigação (AgSolve, 2017). A Figura 18 ilustra um dos modelos mais utilizados de estação meteorológica automática, que possui em sua estrutura um painel solar para captação de energia e sensores de vento, temperatura e pressão embutidos em uma das caixas.

Figura 18. Estação meteorológica automática.



Fonte: AgSolve (2018)

2.8 – HARDWARE PARA IOT

Outro aspecto importante a ser discutido para este trabalho são os dispositivos implementados em sistemas IoT, que conseguem ser aplicados como atuadores, controladores e monitores de atividades (Mahammad Shareef, 2015). Em termos de espaço temporal e constantes de uso (memória, processamento, capacidade, latência e velocidade), os mais utilizados são sistemas periféricos, como Arduino, Intel Edge e Raspberry Pi. Para atender as demandas do projeto, o dispositivo deve possuir diversas interfaces de comunicação com outros dispositivos, seja por meio de fios ou via *wireless* (Munandar, 2017).

Considerando as plataformas *open source* disponíveis no mercado em termos de especificação, preço, flexibilidade e ferramentas de desenvolvimento, foi escolhido utilizar o Raspberry Pi (RPi) como dispositivo periférico. A última versão do Raspberry, o 3B+, mostrado

na Figura 19, apresentou melhor custo-benefício e um bom ambiente para os possíveis futuros testes (Le-Tien, 2017). Suas principais especificações são: 1.4GHz 64-bit quad-core processor, dual-band wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and Power-over-Ethernet support (with separate PoE HAT) (RaspberryPi, 2018). Comparando com modelos anteriores, o Raspberry Pi 3 possui um processador 50% mais rápido que a sua última versão (Le-Tien, 2017).

Figura 19. Raspberry Pi 3B+.



Fonte: Kanami (2018)

2.9 – HARDWARE PARA ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

Com sensores, uma estação meteorológica consegue operar e registrar dados de forma direta. Por meio deles é possível analisar uma tendência nos processos, dando ao usuário uma maior visibilidade do ambiente em que se trabalha (AgSolve, 2017). Os sensores padrões para serem trabalhados em uma estação meteorológica são: direção do vento, pressão atmosférica, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento.

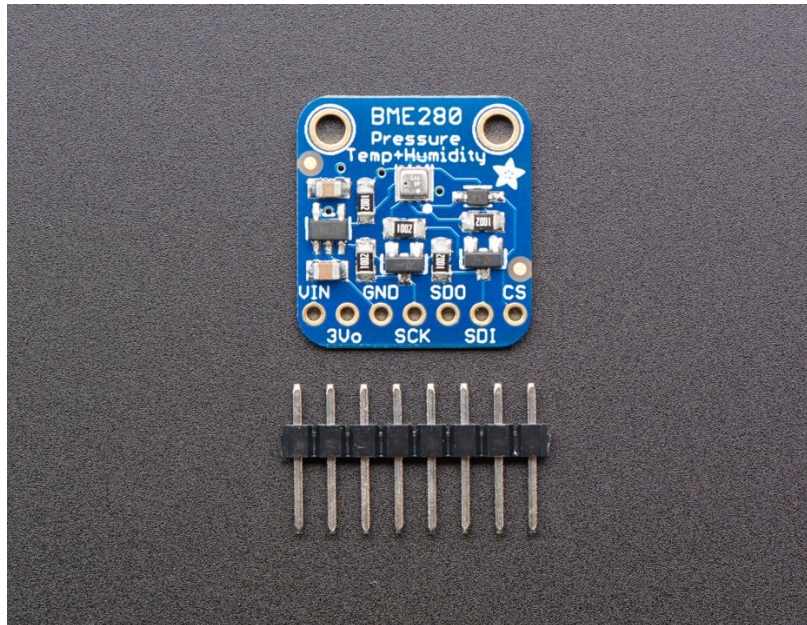
Neste trabalho, os sensores utilizados são: sensor de pressão, umidade e temperatura. A escolha do sensor foi de acordo com a necessidade de se construir a primeiro momento um protótipo mais simples, que ao mesmo tempo possa retornar dados relevantes para o agricultor. Nos tópicos a seguir, será apresentado um tópico sobre o sensor que foi utilizado para desenvolvimento do trabalho.

2.9.1 – Sensor Bosch de pressão, umidade e temperatura BME280

O sensor BMP280 mostrando na Figura 20 possui ganhos em termos de precisão e consumo de energia, pois possui o tamanho 63% menor e é mais utilizado em dispositivos móveis e portáteis. Juntamente possui um sensor de temperatura, o que acaba facilitando e

reduzindo o número de componentes necessários no projeto (FilipeFlop, 2018). Este módulo funciona com interfaces I2C ou SPI e tensão de 3V, o baixo consumo de energia permite que ele funcione por longos períodos com alimentação por bateria. É indicado para: drones, estações meteorológicas, dispositivos com GPS, relógios, etc.

Figura 20. Sensores utilizados.



Fonte: Adafruit, (2018) ¹⁷

2.9.6 – Comunicação I2C

O conceito do barramento I2c é facilitar a integração de circuitos de caráter final de aplicação como por exemplo, sensores e conversores, com um sistema de controle de modo que eles possam trabalhar com seus sinais de maneira direta (Microcontrolandos, 2012). No protocolo de comunicação I2C a transmissão de informação entre os dispositivos é feita por meio de 2 fios (Serial Data e Serial Clock SCL).

O barramento I2C é do tipo multi-mestre, o que significa que mais de um dispositivo de controle pode ser conectado a ele. Durante a comunicação, somente um dos mestres pode estar ativo, ou ocorrerá uma colisão de dados no barramento. As linhas SDA como SCL são bidirecionais e devem ser ligadas ao positivo da alimentação por meio de uma fonte de corrente ou de um resistor pull-up, para garantir que ambas as linhas permaneçam em nível alto, quando o barramento está livre (Microcontrolandos, 2012).

¹⁷ Disponível em: < <https://www.adafruit.com/product/2652> > Acesso em: 1 de julho de 2019.

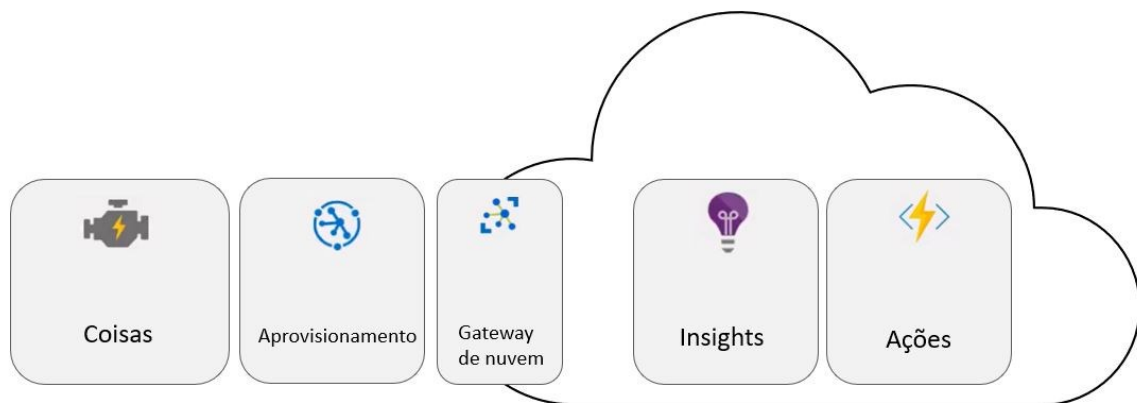
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

A metodologia do trabalho está relacionada com as pesquisas feitas no referencial teórico, toda a parte de simulação descrita abaixo e logo em seguida o protótipo da solução de IoT na nuvem. Para entender os principais conceitos de Internet das Coisas e o envio de mensagens para nuvem, foi feita uma simulação utilizando o Raspberry Pi Azure IoT Web Simulator (Raspberry Pi Simulator, 2017) e o Power BI (Power BI, 2019) para aquisição dos dados de telemetria.

3.1 – SOLUÇÃO DE IOT NA NUVEM

Considerando uma solução de IoT, os principais componentes podem ser representados pela Figura 21. Inicialmente, a parte de coisas do inglês “*things*” são retratadas pelos dispositivos, que são responsáveis por enviar dados de telemetria para o *back-end* que fica na nuvem. O *gateway* serve como um portal para que as mensagens cheguem à nuvem, deixando o device como responsável apenas pelo envio de informações, e também como um processador de dados (Filiputti, 2018). Os dados de telemetria são enviados geralmente em grande quantidade, a camada de *insights* serve como responsável pelo tratamento desses dados.

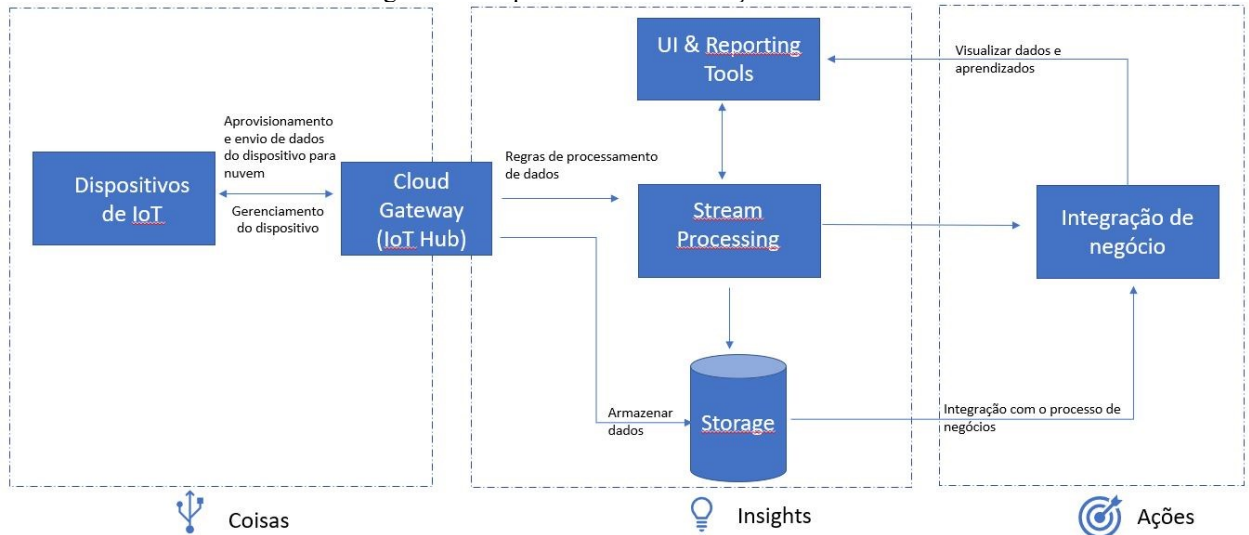
Figura 21. Principais atributos de uma solução de IoT.



Fonte: A autora

As ações que serão geradas no *back-end* da nuvem são diversas, desde um pequeno alerta, envio de e-mail e até mesmo criação de *dashboard* (Filiputti, 2018). Em termos de arquitetura de uma solução de IoT, a Figura 22 ilustra quais são os principais subsistemas e suas composições.

Figura 22. Arquitetura de uma solução de IoT



Fonte: A autora

Os dispositivos de IoT são os periféricos que serão conectados para o envio dos dados, neste caso utilizamos o Raspberry Pi 3B+. O *Cloud Gateway* serve para garantir a segurança dos devices ao enviar mensagens para a nuvem e é utilizado também para o gerenciamento dos *devices* decidindo qual deles pode se conectar com o *back-end* da solução. O processamento do *Stream* é aplicado para processamentos dos dados que podem seguir três caminhos: armazenamento, *user-interface* e integração direta com os sistemas de negócio (Filiputti, 2018). O armazenamento é utilizado para geração de relatórios e históricos dos dados, a camada de *user-interface* para criação de um aplicativo ou web-site e a integração de negócio para associação com os softwares de uma empresa como o CRM e o ERP (sistemas de gestão de empresas).

3.2 – CONECTIVIDADE DO DISPOSITIVO E GATEWAY

Para garantir a segurança na comunicação com os dispositivos, o portal do IoT Hub suporta alguns tipos de protocolos de comunicação: HTTPS, MQTT e AMQP. A conectividade do Raspberry Pi 3B+ com o *Cloud Gateway* se dá de forma simples, uma vez que a comunicação poderá ser feita via IP com o Azure conforme mostrado na Figura 23.

Figura 23. Conectividade do dispositivo.

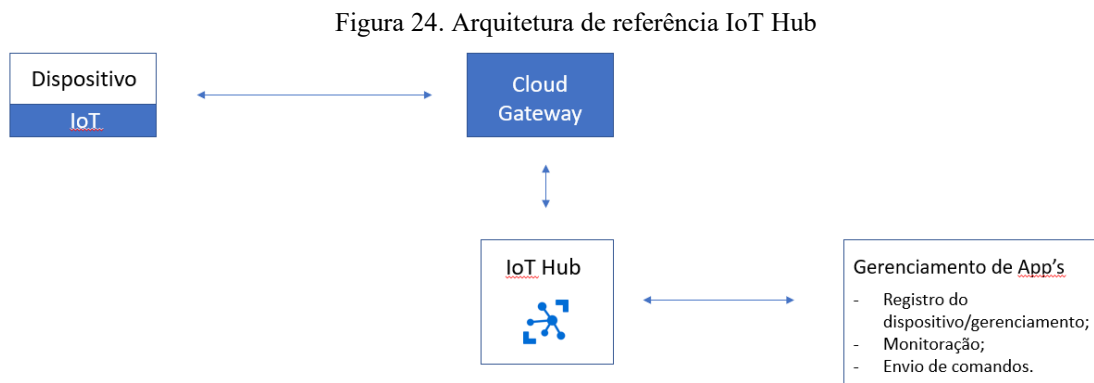


Fonte: A autora

3.3 – AZURE IOT HUB

O Hub IoT do Azure é um serviço gerenciado e hospedado na nuvem que atua como um hub central de mensagem para que ocorra a comunicação entre o aplicativo de IoT e os dispositivos gerenciados (Microsoft Azure, 2018). Ele pode ser utilizado para criar soluções de IoT com comunicação segura e confiável entre muitos dispositivos e um *back-end* de solução de nuvem hospedado. O suporte existe para vários padrões de mensagens, desde telemetria do dispositivo para nuvem, carregamento de arquivo e até métodos de solicitação-resposta para controlar os dispositivos na nuvem.

Dentre as suas principais características está a (1) comunicação bidirecional sendo possível enviar uma mensagem da nuvem para o dispositivo e vice-versa; (2) a segurança na autenticação do dispositivo; (3) o suporte para múltiplas linguagens de programação e também (4) o gerenciamento dos dispositivos (Filiputti, 2018). Considerando o Azure IoT Hub como o *gateway* deste trabalho, o diagrama de arquitetura do Hub da Figura 24 mostra quais seriam as etapas após a requisição dos dados dos sensores.

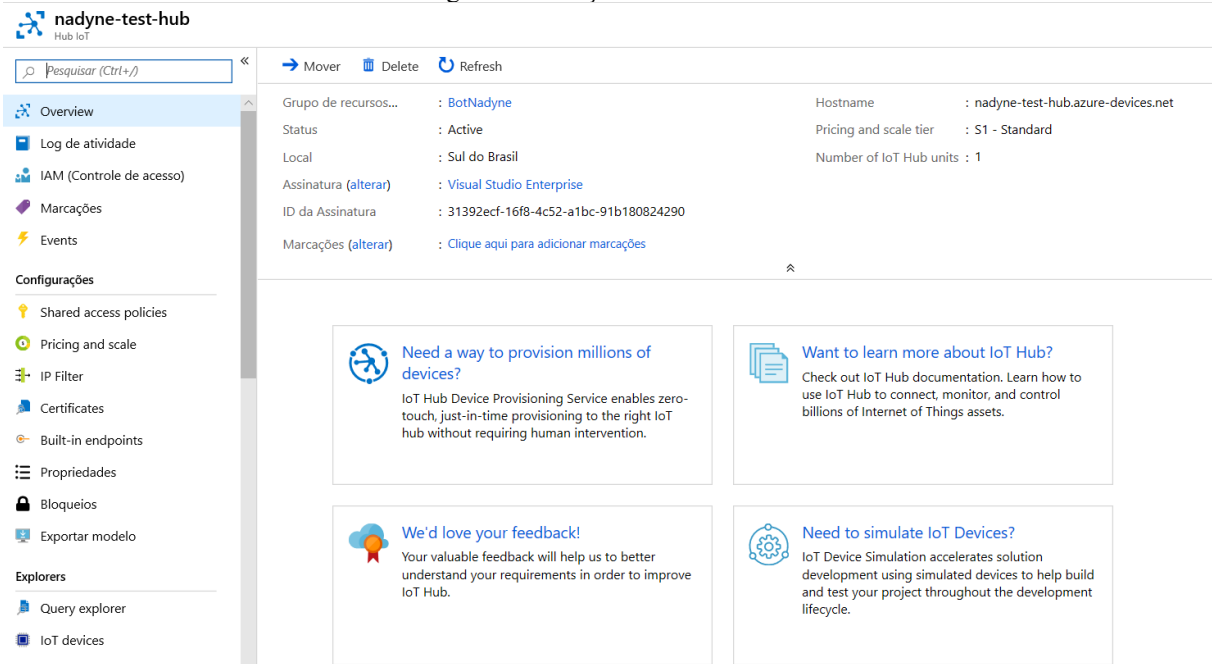


Fonte: A autora

3.4 – “CRIAÇÃO DE UM HUB DE IOT UTILIZANDO RASPBERRY PI ONLINE SIMULATOR”

Inicialmente, cria-se um Hub de IoT no Azure conforme a Figura 25.

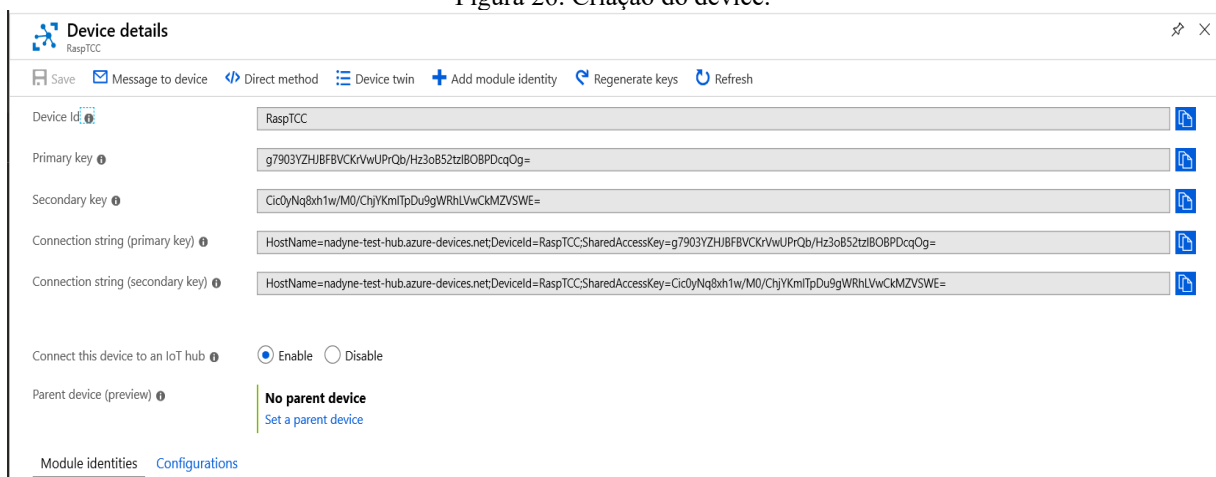
Figura 25. Criação do Hub de IoT.



Fonte: Microsoft Azure (2018)¹⁸

O dispositivo também foi criado no Azure, e como pode-se ver na Figura 26, a *connection string* é uma das linhas de código mais importantes, pois é por meio dela que será possível enviar os dados de telemetria do dispositivo para a nuvem.

Figura 26. Criação do device.



Fonte: Microsoft Azure (2018)¹⁹

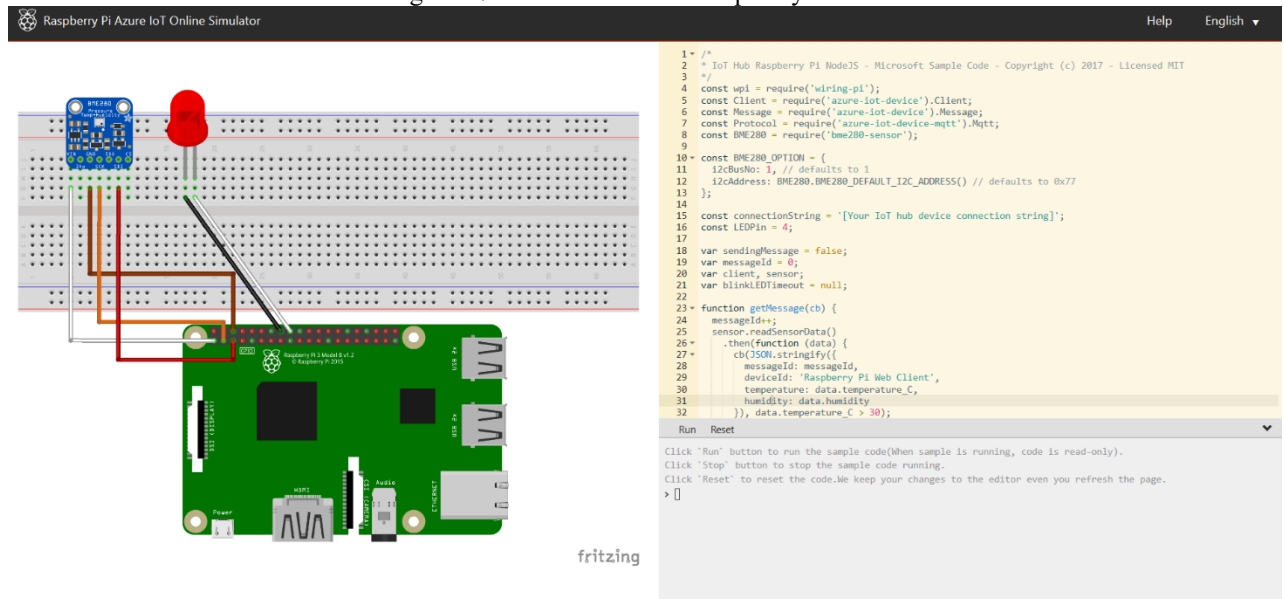
Após a criação do Hub de IoT e do dispositivo no Azure, utiliza-se o Raspberry Pi Online Simulator para a simulação de um dispositivo enviando dados de um sensor para a nuvem. Conforme podemos ver na Figura 27, o simulador é composto por um Raspberry Pi, um sensor BME280 e um LED vermelho para sinalização de respostas (Raspberry Pi Simulator,

¹⁸ Disponível em: < <https://ms.portal.azure.com/> >. Acesso em: 17 de março de 2019.

¹⁹ Disponível em: < <https://ms.portal.azure.com/> >. Acesso em: 17 de março de 2019.

2017). O sensor BME280 é um sensor de temperatura e de umidade, sendo assim, dados de temperatura e de umidade são dispostos no painel abaixo do código em tempo real.

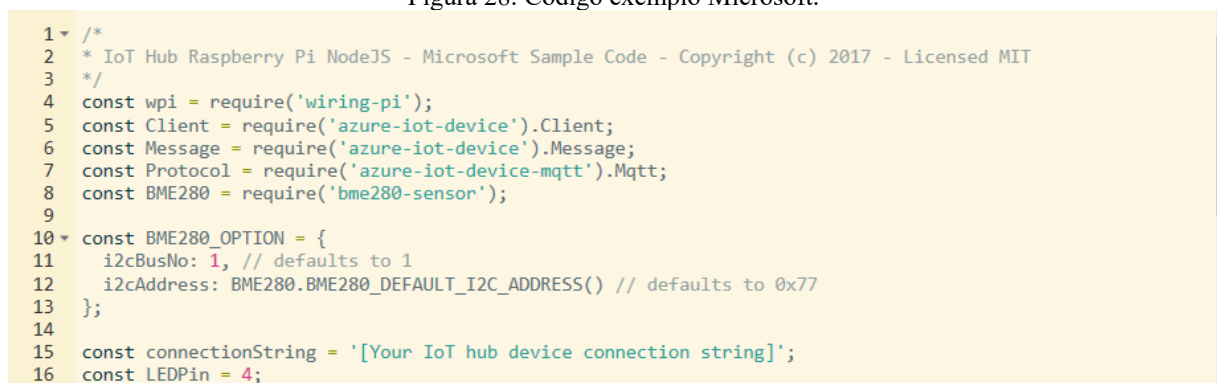
Figura 27. Simulador online Raspberry Pi.



Fonte: Raspberry Pi Online Simulator (2018)²⁰

O código escrito está desenvolvido em JSON (Java Script) e já vem como parte da simulação, mas é possível alterá-lo pra qualquer outro tipo de linguagem de programação. Uma das partes mais importantes para que aconteça a comunicação do dispositivo com a nuvem é a *connection string* conforme a Figura 28, deve ser a mesma *string* que aparece no Azure.

Figura 28. Código exemplo Microsoft.



Fonte: Raspberry Pi Online Simulator (2018)²¹

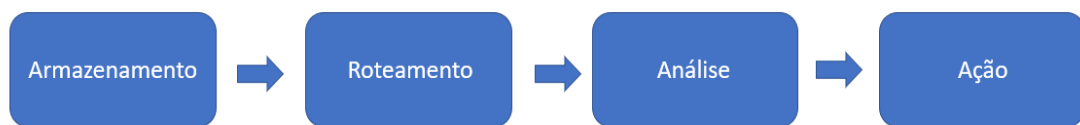
²⁰ Disponível em: < <https://azure-samples.github.io/raspberry-pi-web-simulator/> >. Acesso em: 17 de março de 2019.

²¹ Disponível em: < <https://azure-samples.github.io/raspberry-pi-web-simulator/> >. Acesso em: 17 de março de 2019.

3.5 – FLUXO DE DADOS E PROCESSAMENTO DO *STREAM*

O processo de fluxo de dados pode ser representado pelo diagrama da Figura 29. O estágio de armazenamento é marcado por onde os dados serão armazenados e qual o melhor mecanismo para que os dados sejam guardados (Filiputti, 2018). O estágio de roteamento é marcado pela forma que os dados serão roteados para outros serviços, uma vez que passaram pelo *Cloud Gateway*. A análise é marcada por como será feito o tratamento dos dados de telemetria e ação representa quais as ações serão tomadas de acordo com determinado comportamento dos dados.

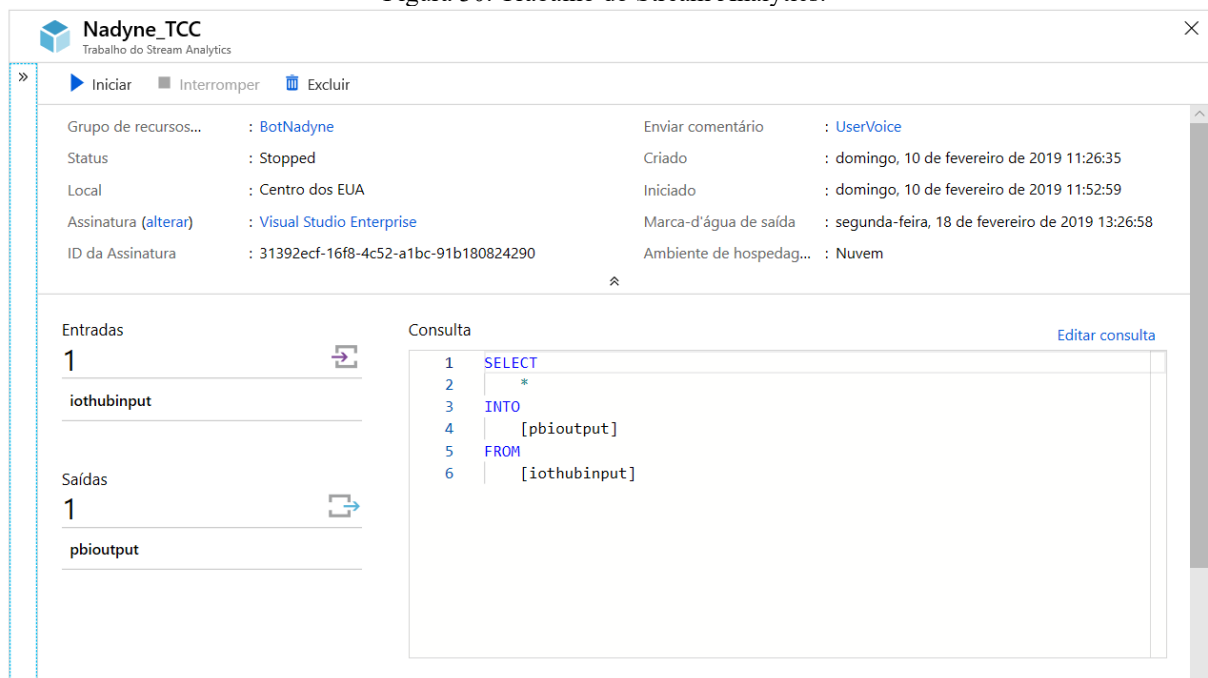
Figura 29. Processo de fluxo de dados.



Fonte: A autora

O Azure Stream Analytics é um mecanismo de processamento de eventos que permite o exame de um grande volume de dados de dispositivos. Os dados recebidos podem ser de dispositivos, sensores, web sites, aplicações e etc.. Também suporta a extração de informações de fluxos de dados, identificando padrões e relacionamentos (Azure Stream Analytics, 2018). Para configurar os dados de trabalho do Stream Analytics, tem-se a interface da Figura 30.

Figura 30. Trabalho do Stream Analytics.



Fonte: Microsoft Azure Portal (2019)²²

²² Disponível em: <<https://ms.portal.azure.com/>> Acesso em: 24 de março de 2019.

Para configurar os dados de entrada e saída, temos que os dados de entradas foram os dados obtidos no IoT Hub, conforme Figura 31.

Figura 31. Configuração dos dados de entrada.

Página inicial > Todos os recursos > Nadyne_TCC > Entradas		
Entradas		
+ Adicionar entrada de fluxo + Adicionar entrada de referênc...		
NOME	TIPO DE ORIGEM	FONTE
iothubinput	Stream	Hub IoT

Fonte: Microsoft Azure Portal (2019)²³

O mesmo processo de configuração dos dados de saída foi feito, selecionando que a saída dos dados seria no PowerBi.

3.6 – MATERIAIS UTILIZADOS

Foi utilizado para criação do protótipo os seguintes materiais:

- Protoboard;
- Assinatura ativa no Azure;
- Conexão com a internet;
- Fonte de alimentação;
- Cartão micro SD de 16 GB;
- Raspberry Pi 3B+;
- Sensor BME280 de humidade, pressão e temperatura;
- Cabos de jumper fêmea/macho;

A tabela a seguir mostra a relação de preços de acordo com cada material.

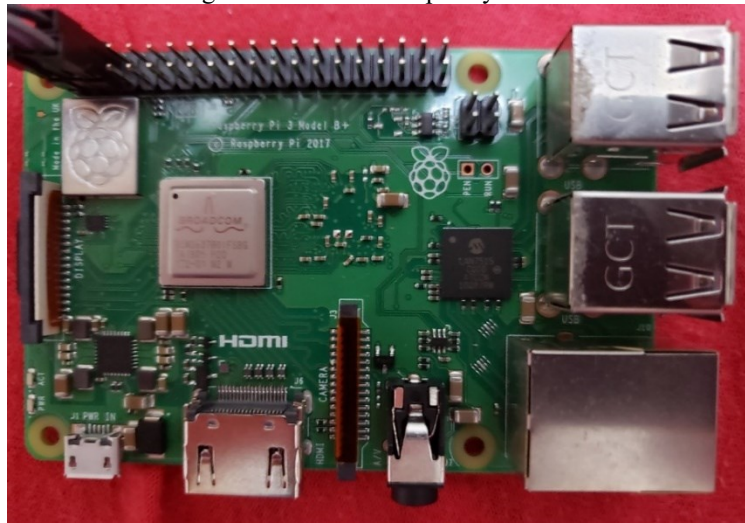
Tabela 1 - Custo dos materiais utilizados.

<i>Produtos</i>	<i>Preço</i>
<i>Raspberry Pi 3B+</i>	R\$225,00
<i>Protoboard</i>	R\$12,30
<i>Sensor BME280</i>	R\$13,50
<i>Cartão MicroSD</i>	R\$61,21
<i>Total</i>	R\$312,01

²³ Disponível em: <<https://ms.portal.azure.com/>> Acesso em: 24 de março de 2019.

Os valores foram baseados no site MercadoLivre pois possuía o melhor custo benefício. A Figura 32 mostra o modelo do Raspberry Pi que foi utilizado para prototipação do projeto.

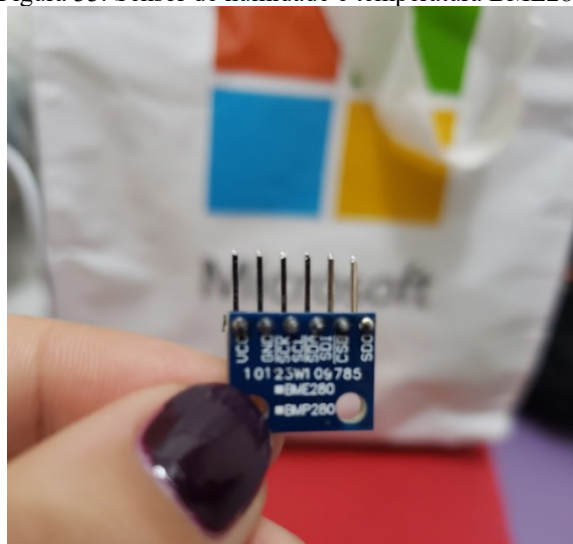
Figura 32. Modelo Raspberry Pi 3B+.



Fonte: A autora

Considerando o sensor BME280 como parte do projeto, a Figura 33 retrata o modelo utilizado.

Figura 33. Sensor de humidade e temperatura BME280.



Fonte: A autora

A descrição do protótipo e como foi feita a comunicação entre o Raspberry, o sensor e a nuvem são tratados no Capítulo 4 a seguir.

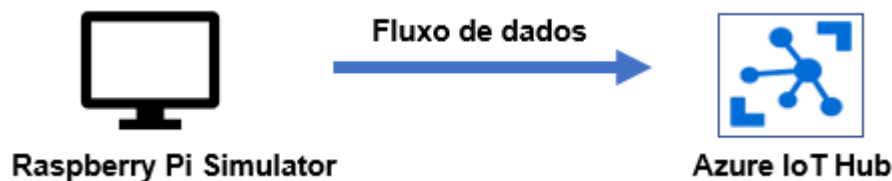
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os cenários, simulações e os resultados obtidos com o protótipo da estação meteorológica e com o simulador Online do Raspberry Pi. A utilização do simulador online permitiu o entendimento de como os dados de um sensor são mandados para a nuvem e como funciona toda a interface entre o IoT Hub e o Dashboard do PowerBI.

4.1 – SIMULAÇÃO

Utilizando o simulador descrito na seção 3.4 e na Figura 34, construiu-se uma simulação do sensor BME280 e sua comunicação com o IoT Hub.

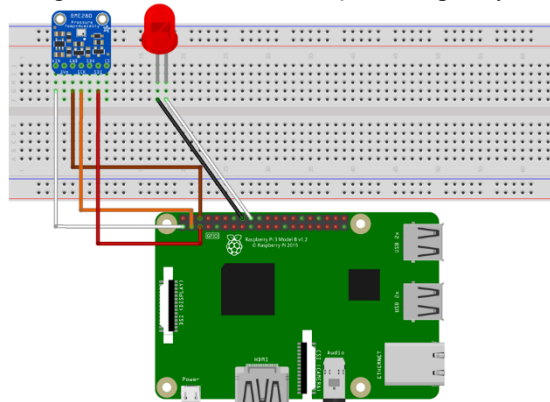
Figura 34. Simulador Raspberry Pi.



Fonte: A autora

A simulação consiste em um Raspberry Pi versão 3B com um sensor de temperatura e pressão (BME 280) e um LED vermelho, conforme podemos ver na Figura 35.

Figura 35. Circuito de simulação e Raspberry Pi.



Fonte: Raspberry Pi Web Simulator (2018)²⁴

Uma das restrições que o simulador possui é a incapacidade de aumentar o número de sensores disponíveis, sendo possível utilizar somente o modelo do BME280 conforme mostrado na Figura 35. O mesmo sensor foi utilizado na prototipação para envio de dados reais para a nuvem. Existem três áreas dentro do Raspberry Pi Online Simulator, sendo elas: área de

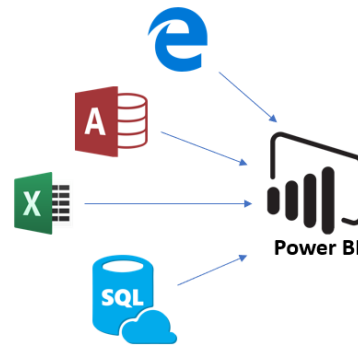
²⁴ Disponível em: < <https://azure-samples.github.io/raspberry-pi-web-simulator/> >. Acesso em: 28 de Abril de 2019.

assembly, área de codificação e janela de console integrado (Raspberry Pi Simulator, 2017). A área de codificação possui um editor de código online integrado com o Raspberry Pi. O exemplo do simulador do Raspberry Pi, ajuda a enviar informações do sensor diretamente para o Azure IoT Hub (Raspberry Pi Simulator, 2017).

4.1.1 Power BI

O Power BI é uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar as fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas. Os dados podem estar em uma planilha do Excel ou em uma coleção de um banco de dados baseados na nuvem (Power BI Overview, 2019). A Figura 36 representa os tipos de conexões entre aplicativos que pode existir para geração de relatórios no Power BI.

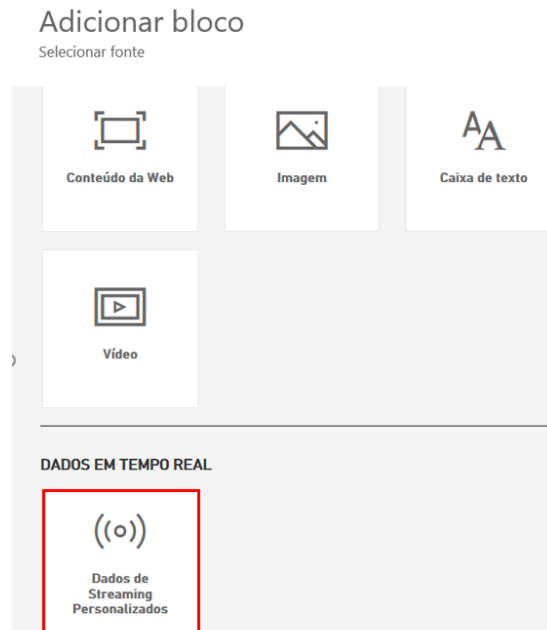
Figura 36. Tipos de fontes de dados para o Power BI.



Fonte: A autora

Para apresentação dos dados de telemetria enviados do sensor para o Hub de IoT, os resultados obtidos são colocados em um *Dashboard* no Power BI, pois a visualização dos dados fica exposta de forma fácil e em tempo real para o administrador do projeto. Um *Dashboard* do Power BI é uma página única, chamada de tela que conta história por meio de visualizações. As visualizações em um *Dashboard* vêm de relatórios e cada relatório é baseado em um conjunto de dados (Dashboards Power BI, 2018). Para criação dos gráficos em tempo real de humidade e temperatura, o seguinte passo-a-passo é praticado. Inicialmente, é necessário configurar a fonte de dados que o relatório será criado. Conforme Figura 37, os dados de *Streaming* personalizados foram selecionados para a apresentação em tempo real.

Figura 37. Configuração da fonte de dados.



Fonte: Power BI (2019)²⁵

Logo após a seleção dos dados de *Streaming* foi necessário escolher qual o tipo de saída da fonte de dados. Este tipo de saída deve ser o mesmo que está configurado como *Output* na ferramenta do *Stream Analytics* dentro do Azure. A Figura 38 mostra a relação entre os dados configurados na ferramenta e a seleção dos dados no Power BI.

Figura 38. Seleção da fonte dados.



Fonte: Azure (2019)²⁶, Power BI Microsoft (2019)²⁷

Foi criado no *Dashboard* dois tipos de variáveis: humidade e temperatura. Para criar um bloco de temperatura com os dados do sensor BME280 foi necessário seleccionar o campo de

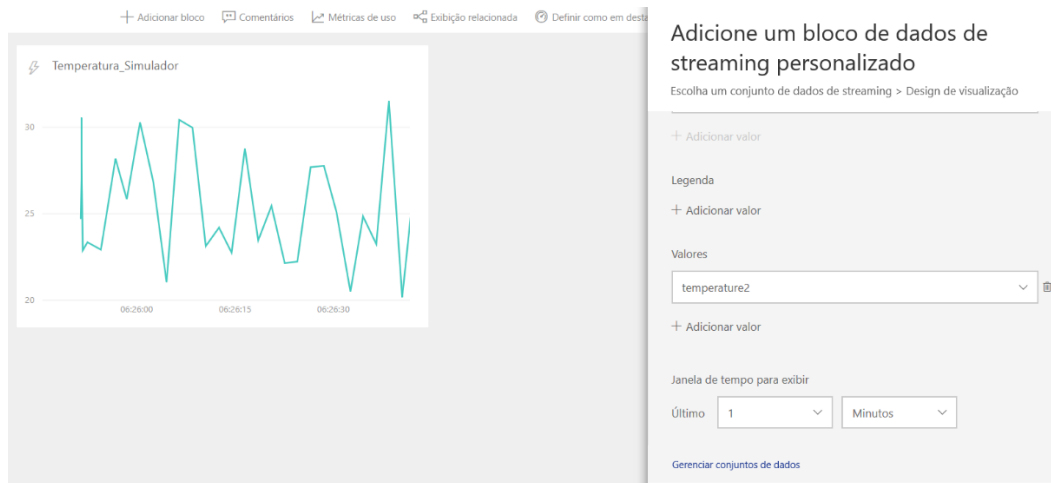
²⁵ Disponível em: < <https://msit.powerbi.com/groups/me/dashboards/> > Acesso em: 29 de abril de 2019.

²⁶ Disponível em: < <https://portal.azure.com/> > Acesso em: 29 de abril de 2019.

²⁷ Disponível em: < <https://msit.powerbi.com/> > Acesso em: 29 de abril de 2019.

“valor” e o tipo de visualização do gráfico conforme visto na Figura 39. O mesmo foi feito para os dados de humidade obtidos pelo sensor.

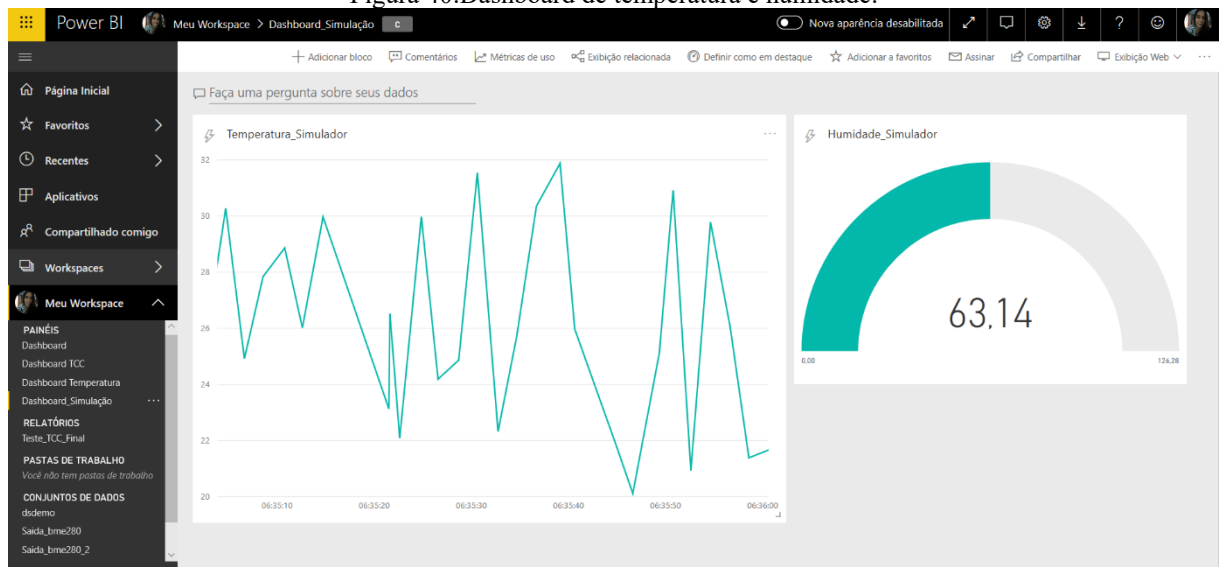
Figura 39. Geração do gráfico de temperatura.



Fonte: Power BI Microsoft (2019)²⁸

O intervalo de tempo para exibição da temperatura é configurado para 1 minuto, mas poderia ser alterado para horas, minutos e segundos. A Figura 40 mostra o *Dashboard* de temperatura e humidade, sendo o gráfico de humidade representado por um indicador.

Figura 40. Dashboard de temperatura e humidade.



Fonte: Power BI Microsoft (2019)²⁹

Com esta simulação online e obtenção de dados via Power BI foi possível analisar como funciona o processo de envio de dados de telemetria para nuvem. Algumas limitações foram

²⁸ Disponível em: < <https://msit.powerbi.com/> > Acesso em: 3 de maio de 2019.

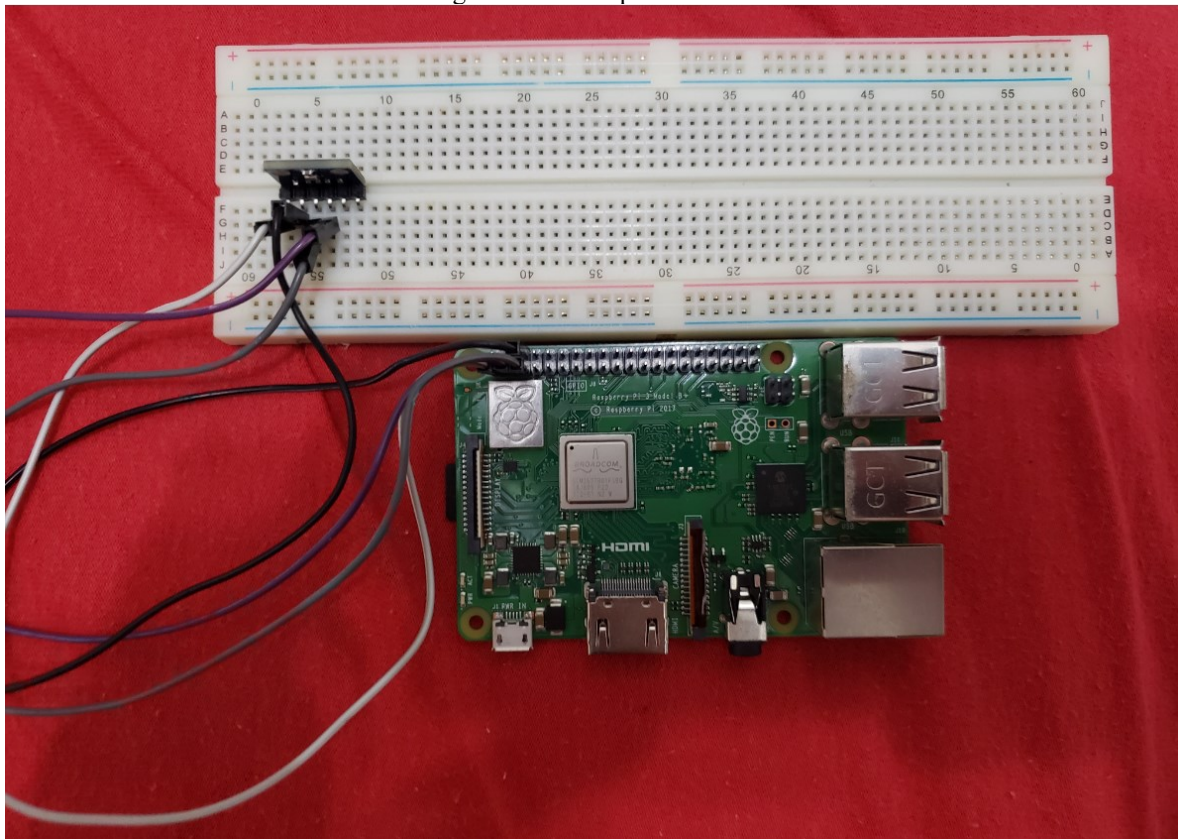
²⁹ Disponível em: < <https://msit.powerbi.com/> > Acesso em: 3 de maio de 20

observadas como, por exemplo, não é possível colocar mais nenhum tipo de sensor na simulação, ficando restrito apenas para o BME280 e dados de temperatura e humidade conforme limitação do Raspberry Pi Online Simulator (Raspberry Pi Simulator, 2017). Para verificar como funcionaria para uma maior quantidade de sensores, seria necessário o protótipo e fazer a conexão real do Raspberry Pi com a nuvem, como será abordado no próximo tópico a seguir.

4.2 - PROTÓTIPO

A Figura 41 representa o protótipo que foi utilizado, o Raspberry Pi 3B+ juntamente com o sensor BME280.

Figura 41. Protótipo utilizado.



Fonte: A autora

Como foi discutido anteriormente na seção 3.4 do Capítulo 3, os mesmos passos para criação do Hub de IoT foram seguidos para a prototipação. Uma das partes importantes ao configurar o Hub é a parte de escala e preços do Azure, conforme a tela de configuração mostrada na Figura 42.

Figura 42. Tipos de escala e preço.

S1 Standard	S2 Standard	S3 Standard
400k messages/unit/day	6M messages/unit/day	300M messages/unit/day
Device-to-cloud telemetry	Device-to-cloud telemetry	Device-to-cloud telemetry
Message routing	Message routing	Message routing
Cloud-to-device commands	Cloud-to-device commands	Cloud-to-device commands
IoT Edge	IoT Edge	IoT Edge
Device management	Device management	Device management
371.48 BRL PER IOT HUB UNIT	3,714.80 BRL PER IOT HUB UNIT	37,148.00 BRL PER IOT HUB UNIT

Fonte: Microsoft Azure (2019)³⁰

É possível escolher entre diversas camadas, dependendo de quantos recursos necessários e quantas mensagens serão enviadas por dias por meio da solução. Utilizando uma conta gratuita no Azure, é possível selecionar a camada gratuita que se destina a testes e avaliação, ela permite que 500 dispositivos sejam conectados ao Hub e até 8000 mensagens por dia (Microsoft Azure Documents, 2019). Considerando os créditos de R\$700,00 para utilizar no Azure adquiridos por ser funcionária da Microsoft, a escolha do Hub ficou entre as camadas padrões o modelo S1 *Standard*, conforme detalhado na Figura 43.

Figura 43. Tamanho e escala do Hub.

Página Inicial > Novo > Hub IoT

Hub IoT

Microsoft

Noções básicas Tamanho e escala Analisar + criar

Cada Hub IoT é provisionado com determinado número de unidades em uma camada específica. A camada e o número de unidades determinam a cota diária máxima de mensagens que você pode enviar. [Saiba mais](#)

DIMENSIONAR CAMADA E UNIDADES

* Tipo de escala e preço [Saiba como escolher a camada correta do Hub IoT para sua solução](#)

Número de unidades S1 do Hub IoT Isso determina a funcionalidade de escala do Hub IoT e pode ser alterado quando houver mais necessidade.

Mensagens de dispositivo para nuvem ☒ **Habilitado**

Roteamento de mensagens ☒ **Habilitado**

Comandos de nuvem para dispositivo ☒ **Habilitado**

IoT Edge ☒ **Habilitado**

Gerenciamento de dispositivos ☒ **Habilitado**

Configurações Avançadas

Partições de dispositivo para nuvem

[Analisar + criar](#) [« Anterior: Noções básicas](#) [Opções de automação](#)

Fonte: Microsoft Azure (2019)³¹

³⁰ Disponível em: < <https://portal.azure.com/> > Acesso em: 3 de maio de 2019.

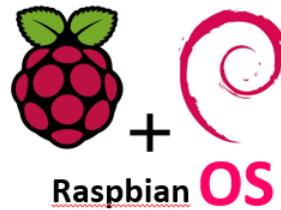
³¹ Disponível em: < <https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/iot-hub/iot-hub-raspberry-pi-kit-c-get-started> > Acesso em: 3 de maio de 2019.

Após a criação do Hub de IoT, foi necessário configurar o Raspberry Pi e montar o circuito para iniciar os testes.

4.2.1 – Configurando o Raspberry Pi

Inicialmente, foi instalado a imagem do Raspbian para que o Raspberry Pi tenha um sistema operacional funcionando. O sistema operacional é instalado diretamente no cartão microSD. A Figura 44 mostra o sistema operacional Raspbian, que é instalado no Raspberry para que o mesmo funcione como um computador.

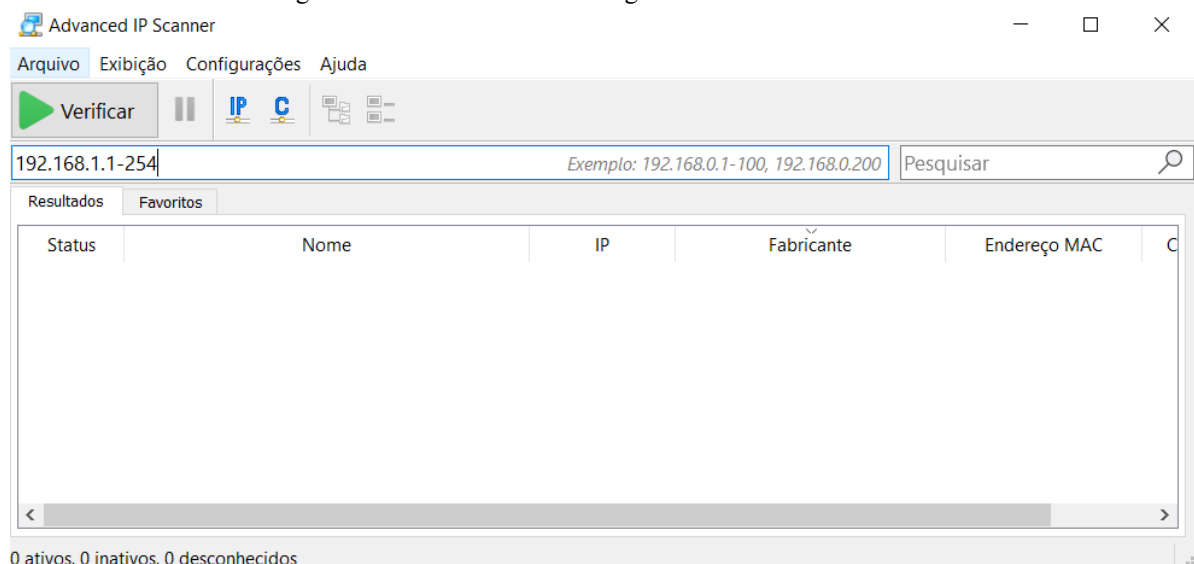
Figura 44. Sistema operacional Raspbian.



Fonte: A autora

O primeiro passo para utilizar o Raspberry Pi é conectá-lo em uma televisão, instalar o microSD para que o sistema operacional funcione. Logo em seguida, configura-se o Wi-Fi do dispositivo para o mesmo do computador, fazendo com que os dois estejam conectados na mesma rede. Para verificar qual o IP em que o dispositivo estava conectado utiliza-se o *Advanced IP Scanner* (Advanced IP Scanner, 2019) que possui a interface da Figura 45.

Figura 45. Varredura de IP – Programa Advanced IP Scanner.

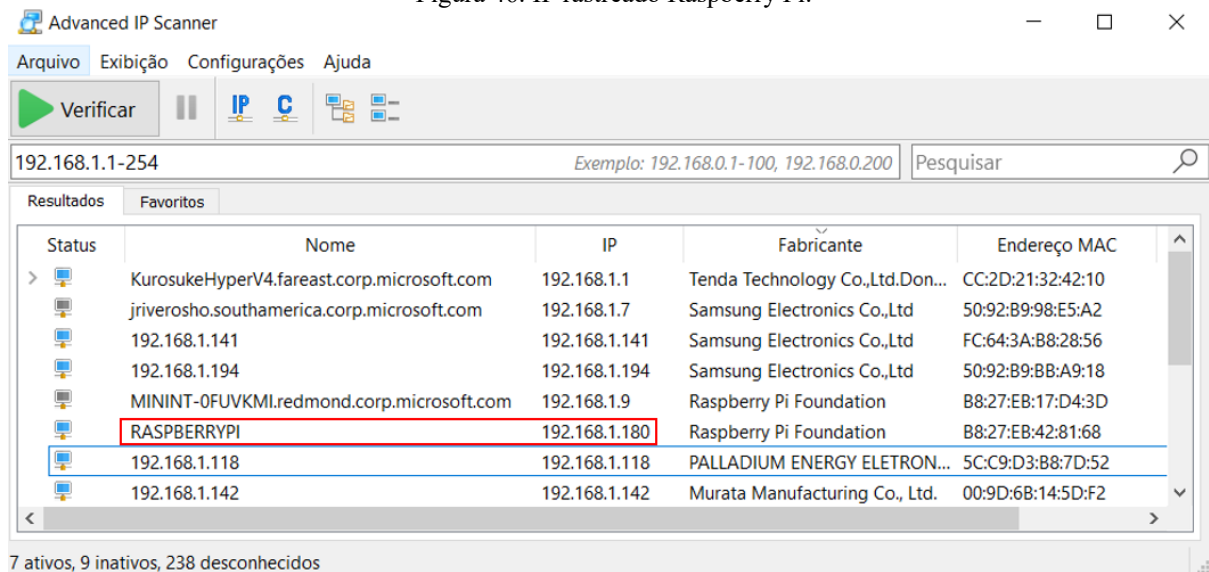


Fonte: Advanced IP Scanner (2019)³²

³² Disponível em: <<http://www.advanced-ip-scanner.com/br/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

Após iniciar uma varredura dos IP's de 192.168.1.1 até 0 intervalo de 254, é encontrado o Raspberry Pi conforme a Figura 46.

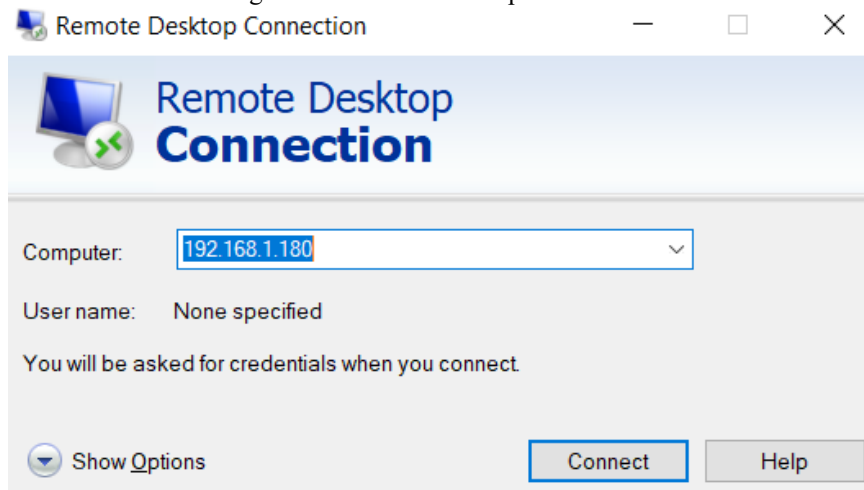
Figura 46. IP rastreado Raspberry Pi.



Fonte: A autora

Uma vez que o IP do Raspberry é descoberto, é possível acessar o dispositivo por meio de um software de conexão remota, o *Remote Desktop Configuration* (Windows Support, 2019). O programa já vem instalado no Windows10 e basicamente conecta dois computadores que estão na mesma rede. A Figura 47 mostra a interface do programa.

Figura 47. Remote Desktop Connection.

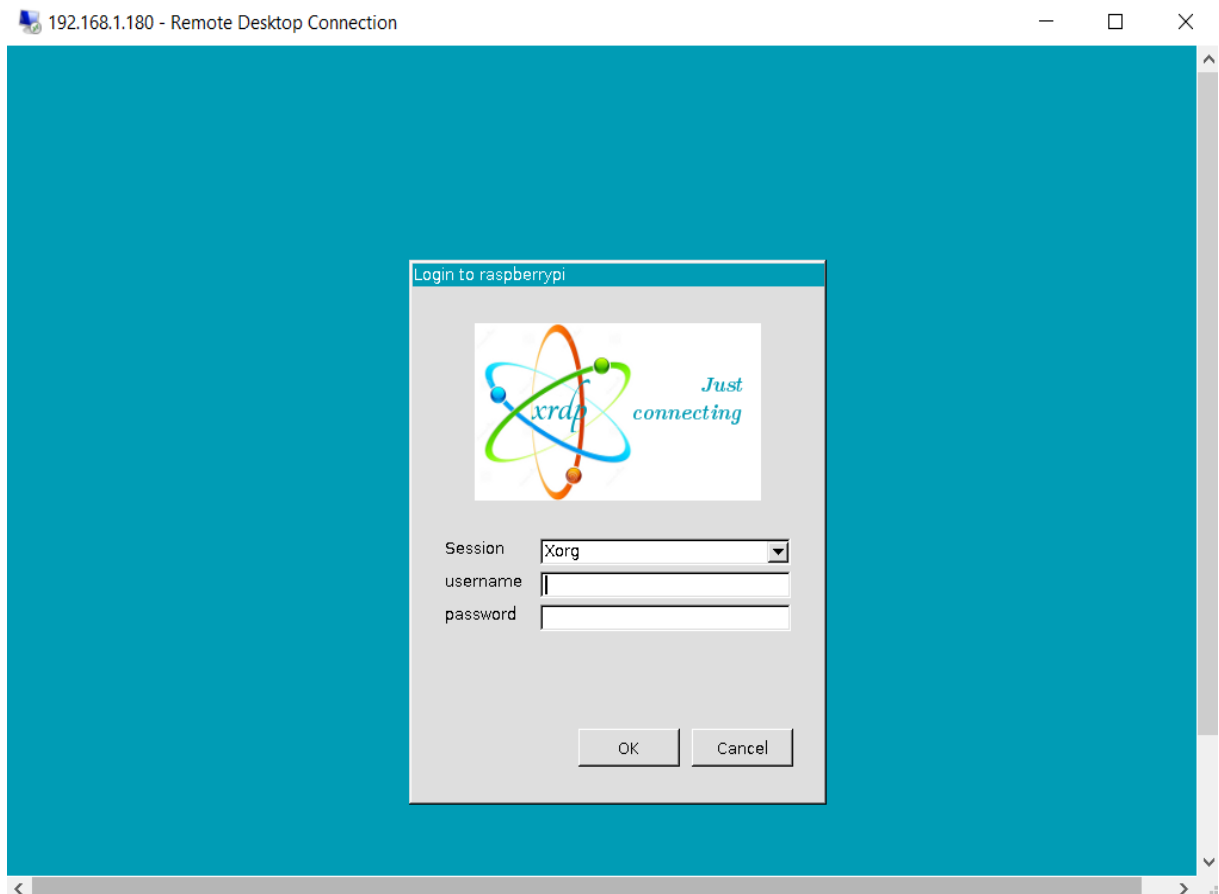


Fonte: Windows 10 (2019)³³

A primeira tela que apareceu após fazer a conexão no IP do Raspberry, é a sua tela inicial de login, conforme a Figura 48. O login por *default* é pi e a senha raspberry.

³³ Disponível em: < <https://www.microsoft.com/pt-br/software-download/windows10> > Acesso em: 7 de maio de 2019.

Figura 48. Tela inicial Raspberry Pi.



Fonte: Remote Desktop Connection

Inicialmente, o primeiro passo para que o sensor fosse detectado no Raspberry Pi, é a instalação da biblioteca i2c no dispositivo. Os comandos utilizados foram:

- 1.sudo apt-get install python-smbus
- 2.sudo apt-get install i2c-tools

Para verificar em qual porta e endereço o sensor estava localizado é utilizado o comando “sudo i2c detect -y 1” no LXTerminal do Raspberry, conforme Figura 49.

O sensor BME280 possui dois tipos de endereços I2C, o que significa que dois sensores podem ser lidos ao mesmo tempo utilizando o mesmo tipo de comunicação. Um sensor usaria por *default* o endereço (0x77) e o outro utilizaria como alternativa o endereço (0x76). Quando o pino SDO (pino para comunicação SPI) do sensor fica desconectado, o endereço (0x77) é utilizado, mas quando o pino SDO é conectado com o GND, o endereço passa a ser o alternativo (0x76) (BlueDot, 2019).

Figura 49. LXTerminal.

```

pi@raspberrypi:~ $ sudo i2cdetect -y 1
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  76 --  --  --  --  --  --  --  --
pi@raspberrypi:~ $

```

Fonte: Raspberry Pi (2019)³⁴

Considerando que o sensor foi detectado e estava se comunicando via I2C com o Raspberry Pi, o próximo passo é a verificação para saber se ele estava funcionando e retornando algum valor de temperatura, humidade e pressão. O código utilizado possui o nome de “teste.py” e é mostrado no ANEXO A (Python Software Foundation, 2019). No código, duas bibliotecas diferentes foram importadas, sendo elas: *smbus* e *bme280*. A biblioteca *SMBus* é um subconjunto para o protocolo I2. Ao gravar um driver para um dispositivo I2C, os comandos do *SMBus* são utilizados, pois isso permite usar o driver de dispositivo nos adaptadores *SMBus* e adaptadores I2C (Raspberry Pi Projects, 2014). A biblioteca *BME280* é a biblioteca do sensor de pressão, humidade e temperatura modelo Bosch BME280.

Uma vez que é executado o programa teste.py, os valores de humidade, pressão e temperatura foram retornados no LXTerminal do Raspberry, conforme mostrado na Figura 50.

³⁴ Disponível em < <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/> > Acesso em: 7 de maio de 2019.

Figura 50. Execução do programa “teste.py”.

```

pi@raspberrypi: ~/Teste_TCC
Arquivo  Editar  Abas  Ajuda
pi@raspberrypi:~ $ sudo i2cdetect -y 1
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  76  --  --  --  --  --  --  --  --  --
pi@raspberrypi:~ $ cd Teste_TCC
pi@raspberrypi:~/Teste_TCC $ sudo python teste.py
93d38d34-522c-42dd-b604-0172ac09c19f
2019-05-07 07:08:04.667583
27.196310732
934.594010308
0.0
pi@raspberrypi:~/Teste_TCC $

```

Fonte: Raspberry Pi (2019)³⁵

O valor de temperatura que o sensor foi mostrado é de 27 graus Celsius, pressão de 934.59 hPa e uma humidade de 0%, uma vez que o teste é feito em um quarto fechado. Uma vez que os testes de leitura do sensor foram realizados e os valores retornados foram satisfeitos, o próximo passo é seguir o exemplo presente nas documentações da Microsoft e tentar enviar os dados do sensor para a nuvem do Azure.

Os códigos-fontes que foram utilizados para envio dos dados da nuvem estão hospedados no GitHub. O GitHub é uma plataforma de hospedagem de código-fonte com controle de versão, que permite que programadores, utilitários ou qualquer usuário cadastrado na plataforma contribuam em projetos privados ou *Open Source* de qualquer lugar do mundo (GitHub, 2019). O primeiro passo realizado é o clone do aplicativo exemplo presente no GitHub executando o seguinte comando no LXTerminal:

1. `sudo apt-get install git-core`
2. `git clone https://github.com/Azure-Samples/iot-hub-c-raspberrypi-client-app.git`

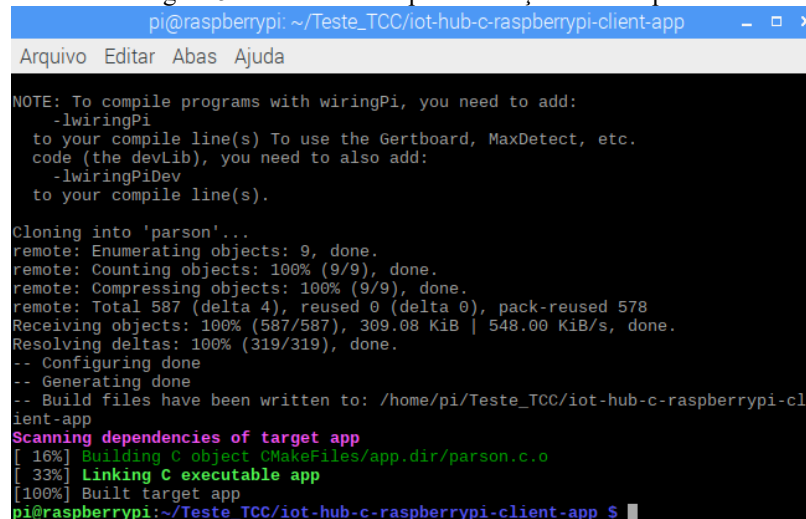
O segundo passo, é a execução do script de instalação, conforme indicado abaixo:

³⁵ Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

1. `cd ./iot-hub-c-raspberrypi-client-app`
2. `sudo chmod u+x setup.sh`
3. `sudo ./setup.sh`

Após as instalações serem concluídas, o LXTerminal mostra que o aplicativo de exemplo já é criado e a pasta para subscrição e execução de comandos já está disponível, conforme Figura 51.

Figura 51. LXTerminal após instalação dos Scripts.



```

pi@raspberrypi: ~/Teste_TCC/iot-hub-c-raspberrypi-client-app
Arquivo Editar Abas Ajuda

NOTE: To compile programs with wiringPi, you need to add:
  -lwiringPi
to your compile line(s) To use the Gertboard, MaxDetect, etc.
code (the devLib), you need to also add:
  -lwiringPiDev
to your compile line(s).

Cloning into 'parson'...
remote: Enumerating objects: 9, done.
remote: Counting objects: 100% (9/9), done.
remote: Compressing objects: 100% (9/9), done.
remote: Total 587 (delta 4), reused 0 (delta 0), pack-reused 578
Receiving objects: 100% (587/587), 309.08 KiB | 548.00 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (319/319), done.
-- Configuring done
-- Generating done
-- Build files have been written to: /home/pi/Teste_TCC/iot-hub-c-raspberrypi-cl
ient-app
Scanning dependencies of target app
[ 16%] Building C object CMakeFiles/app.dir/parson.c.o
[ 33%] Linking C executable app
[100%] Built target app
pi@raspberrypi:~/Teste_TCC/iot-hub-c-raspberrypi-client-app $

```

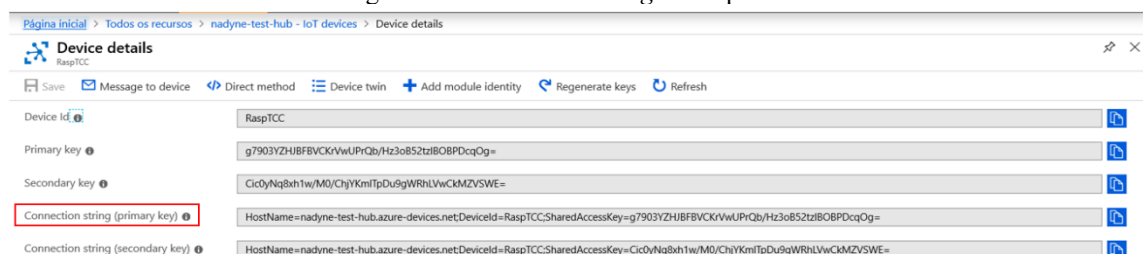
Fonte: Raspberry Pi (2019)³⁶

O último passo, e não menos importante, é o envio das informações do sensor para a nuvem. Para que isso seja feito, é necessário enviar um comando para o Raspberry com a seguinte mensagem:

`sudo ./app ' <DEVICE CONNECTION STRING> '`

A *Connection String* utilizada é a mesma citada anteriormente no Capítulo 3 na parte de simulação, a Figura 52 mostra novamente como selecionar a *Connection String* dentro do Portal do Azure.

Figura 52. *Connection String* do dispositivo.



Fonte: Microsoft Azure Portal (2019)³⁷

³⁶ Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

³⁷ Disponível em: <<https://ms.portal.azure.com/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

Após o envio do comando da *Connection String* para o LXTerminal, os dados do sensor começaram a ser enviados para o IoT Hub, conforme Figura 53.

Figura 53. Envio de mensagens para o IoT Hub.

```

pi@raspberrypi: ~/iot-hub-c-raspberrypi-client-app
Arquivo  Editar  Abas  Ajuda
ature": 21.070000, "humidity": 70.349998 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 3, "temper
ature": 22.590000, "humidity": 69.209999 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 4, "temper
ature": 24.049999, "humidity": 74.300003 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 5, "temper
ature": 26.480000, "humidity": 68.010002 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 6, "temper
ature": 25.240000, "humidity": 72.830002 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 7, "temper
ature": 21.200001, "humidity": 69.470001 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 8, "temper
ature": 27.530001, "humidity": 60.910000 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub
Info: Sending message: { "deviceId": "Raspberry Pi - C", "messageId": 9, "temper
ature": 23.600000, "humidity": 69.550003 }
Info: Message sent to Azure IoT Hub

```

Fonte: Raspberry Pi (2019)³⁸

Para ter certeza de que os dados estavam realmente chegando no IoT Hub, utiliza-se o software Device Explorer para gerenciar os dispositivos que estavam conectados ao Hub (GitHub Azure IoT SDK, 2019). O primeiro passo é colocar as informações de conexão, começando pela *Connection String* do Hub de IoT, conforme Figura 54.

³⁸ Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

Figura 54. Device Explorer Twin.

Device Explorer Twin

Configuration Management Data Messages To Device Call Method on Device

Connection Information

IoT Hub Connection String:

HostName=nadyne-test-hub.azure-devices.net;SharedAccessKeyName=iothubowner;SharedAccessKey=06jirj0JGSLAd0FQKnqVZMviEacJ+mGhpQpikPji+wk=

Protocol Gateway HostName:

Update

Shared Access Signature

Key Name iothubowner

Key Value 06jirj0JGSLAd0FQKnqVZMviEacJ+mGhpQpikPji+wk=

Target nadyne-test-hub.azure-devices.net

TTL (Days) 365

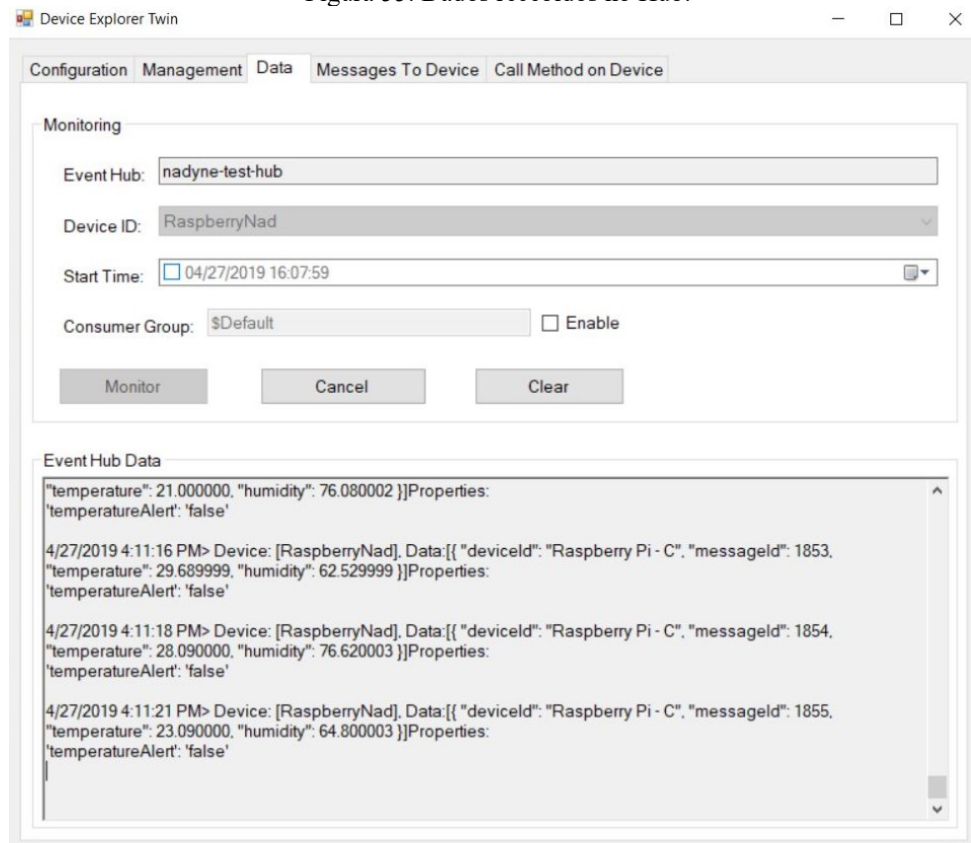
Generate SAS

Fonte: Device Explorer (2019)³⁹

Uma vez que a *Connection String* é informada, as informações sobre o Hub foram obtidas automaticamente e todas as mensagens que são enviadas para o Azure são mostradas na tela de *Event Hub Data*, conforme mostrado na Figura 55.

³⁹ Disponível em: < <https://github.com/Azure/azure-iot-sdk-csharp/tree/master/tools/DeviceExplorer> >
Acesso em: 8 de maio de 2019.

Figura 55. Dados recebidos no Hub.



Fonte: Device Explorer (2019)⁴⁰

Em um próximo passo, seguindo os mesmos processos descritos no Capítulo 3 para visualização de dados no Power BI, os dados do sensor foram obtidos em tempo real, conforme Figura 56.

Figura 56. Visualização de dados no Power BI.

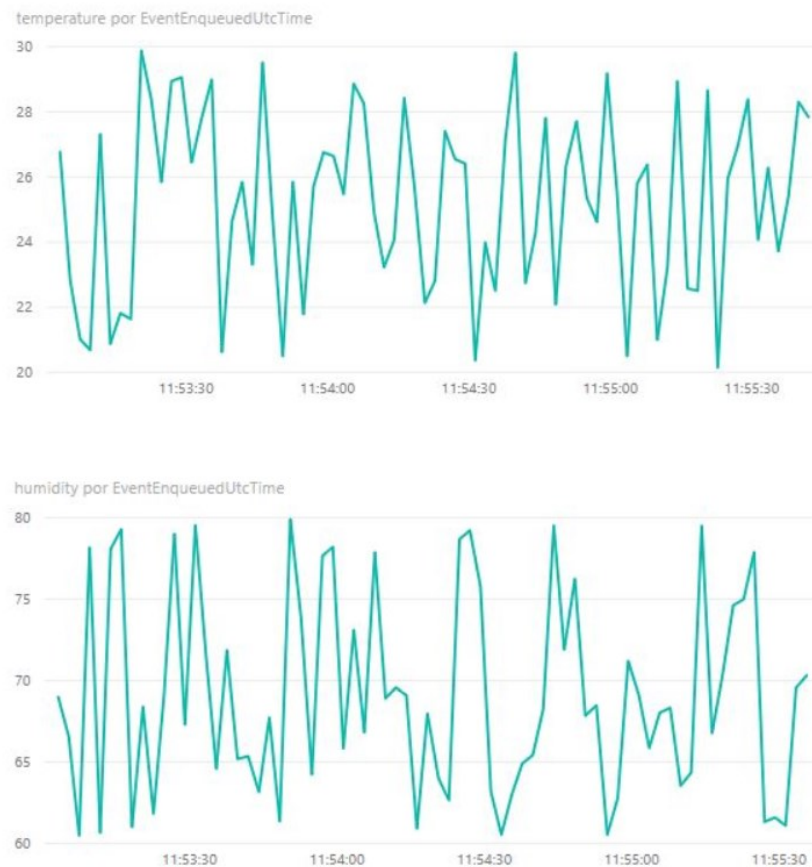


Fonte: A autora

⁴⁰ Disponível em: < <https://github.com/Azure/azure-iot-sdk-csharp/tree/master/tools/DeviceExplorer> >
Acesso em: 8 de maio de 2019.

A Figura 57 mostra com melhor resolução as informações dos gráficos em tempo real.

Figura 57. Gráfico de Temperatura x tempo vs. Humidade x tempo.



Fonte: A autora

Os dados obtidos são dados de humidade e temperatura enviados pelo sensor e apresentados no PowerBI, o tempo de envio de cada mensagem para o Hub de IoT é de 1 segundo, ou seja, a cada 1 segundo um novo dado atualizado com os valores de temperatura e pressão é enviado. A janela de tempo para envio de mensagem para o Hub não é alterada, pois seria necessário alterar o código fonte do GitHub. No entanto, a janela de tempo em que os dados são mostrados no gráfico pode ser alterada no PowerBI, na figura acima o tempo configurado é de 1 minuto.

Os valores obtidos são aproximadamente de uma temperatura mínima de 22 graus Celsius e máxima de 29 graus Celsius, conforme podemos ver na Figura 57. Os mesmos valores podem ser observados na Figura 53, que mostra o LXTerminal do Raspberry e os valores exatos que estavam sendo enviados para o Hub, a humidade variou entre 67% e 72%. A taxa de variação de temperatura do sensor é de -40°C até 85°C e a taxa de variação da humidade é de 0 até 100% (FilipeFlop, 2015).

Relembrando todo o conceito já discutido anteriormente sobre *e-farming* e todo o processo de IoT e as mudanças tecnológicas permitidas pelo *Cloud Computing*, as visualizações destes dados poderiam ser feitas de diversas formas para facilitar a vida e o trabalho do trabalhador do campo. O agricultor pode fazer a leitura dos dados em casa por algum aplicativo ou até mesmo pela interface do Power BI pelo celular, já que o mesmo possui interface *mobile* disponível para download.

Outra vantagem de utilizar esse tipo de trabalho para o acompanhamento de dados das estações meteorológicas remotamente seria a possibilidade de levantar uma série de dados históricos utilizando o próprio *Stream Analytics* do Azure, ou seja, o agricultor consegue fazer uma previsão dos dados passados e verificar baseado na safra do ano anterior quando seria a melhor época para cultivo de certos alimentos, como as plantações se comportaram com as temperaturas no decorrer do ano e diversos outros *insights* que poderiam ser obtidos com este tipo de aplicação.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

Neste capítulo será apresentada a conclusão deste trabalho, com base na análise dos resultados encontrados nas simulações, assim como sugestões para o desenvolvimento de estudos futuros.

5.1 CONCLUSÃO

Mediante aos estudos e resultados encontrados neste trabalho de conclusão de curso, foi possível analisar e compreender o conceito de IoT e o universo de *Cloud Computing*. A princípio, foi feito um estudo sobre o conceito de computação em nuvem e como o IoT está avançando, especialmente em projetos relacionados com agricultura. Logo em seguida, foi feito um estudo sobre os principais recursos de computação em nuvem e qual seria a melhor plataforma para utilização, atendendo os requisitos do projeto e para possível escalabilidade do mesmo no futuro.

O objetivo principal do trabalho era verificar como funciona o envio dos dados de um sensor para a nuvem, o que é atingido após a implementação dos códigos no Raspberry Pi e instalação de algumas bibliotecas do Azure que foram obtidas no GitHub. Logo após a implementação da parte prática, a análise de dados foi feita utilizando o Power BI e criando *Dashboards* para melhor visualização. O resultado obtido foi mostrado no *Dashboard* do Power BI. Uma das desvantagens do simulador foi a restrição com os sensores, sendo possível analisar somente o BME280 por conta das limitações de biblioteca e código fonte. Logo após os testes feitos pelo simulador, analisou-se o protótipo montado também com o BME280 e com o Raspberry Pi. Os dados foram enviados com sucesso para a nuvem e os gráficos obtidos em tempo real no Power BI tiveram a mesma característica que os simulados, garantindo assim a consistência no trabalho apresentado.

A ideia de construir uma estação meteorológica e fazer o acompanhamento dos dados dos sensores em tempo real utilizando *Cloud Computing* visava unir dois conceitos vistos ao decorrer do curso (Eletrônica e Computação) e sem fugir do que está sendo discutido em comunidades de tecnologia mundo afora. Após toda a discussão sobre os conceitos de *Cloud* e as plataformas disponíveis, é feita uma simulação com o Raspberry Pi Online utilizando o sensor BME280 e enviando os dados de telemetria para a nuvem. Entre as principais vantagens de se utilizar o *Cloud Computing* está: redução de custos, maior segurança dos dados, custo-benefício, possibilidade de se trabalhar remotamente e a portabilidade (análise de dados via *mobile* ou computador).

Uma das dificuldades enfrentadas no trabalho é a de utilizar todos os sensores para o envio dos dados para a nuvem. Como é utilizado o exemplo do Azure sobre como utilizar o Raspberry Pi para envio de dados, existia a limitação de se utilizar o sensor BME280 e todos os códigos-fonte e bibliotecas do GitHub possuem somente informações relacionadas ao sensor de temperatura, pressão e humidade. Para que um projeto completo de estação meteorológica fosse feito seria necessário um estudo do código-fonte do GitHub para a implementação dos demais sensores, como sensor UV e sensor de velocidade do vento. Além disso, uma outra dificuldade enfrentada é a de fazer uma comparação entre os tipos plataformas de *Cloud Computing* sem fazer uma simulação prática em cada uma delas, o que poderia ficar para possíveis estudos futuros, conforme será discutido no tópico a seguir.

5.2 ESTUDOS FUTUROS

Dentro das discussões já realizadas neste trabalho, é visto que diversos tipos de ideias podem ser aproveitadas para aplicações futuras. Fica como proposta para a realização de estudos futuros a criação de um protótipo de estação meteorológica com tipos de sensores diversos e envio dos dados de telemetria para a nuvem em tempo real. Além disso seria possível também a criação de um aplicativo para monitoramento das estações juntamente com o Power BI e acompanhamento em tempo real dos dados de telemetria, uma vez que o Azure consegue fazer uma interface com uma API utilizando Android Studio ou iOS.

Outra ideia interessante seria o uso de outra plataforma de Cloud Computing para armazenamento dos dados e fazer o levantamento de uma pesquisa para analisar qual plataforma apresentou melhor desempenho e maior facilidade de implementação utilizando IoT. O universo de aplicações que poderiam ser desenvolvidas com este trabalho é enorme, pois a plataforma do Azure e o universo da computação em nuvem possui diversos outros serviços e recursos que podem ser melhor explorados.

REFERÊNCIAS

ADVANCED IP SCANNER. Disponível em <<http://www.advanced-ip-scanner.com/br/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

AGSOLVE. “**Como funciona uma estação meteorológica?**” Disponível em <<https://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/10386/como-funciona-uma-estacao-meteorologica>> Acesso em: 28 de outubro de 2018.

ALBERTO. “**Analytics e IoT: informação valiosa de tudo.**” Disponível em: <<https://canaltech.com.br/big-data/analytics-e-iot-informacao-valiosa-de-tudo-68063/>> Acesso em: 16 de março de 2019.

AZURE STREAM ANALYTICS. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/stream-analytics/stream-analytics-introduction>> Acesso em: 24 de março de 2019.

BASTOS, L. **IoT e suas aplicações de sucesso – Agricultura**, Wordpress, 2017. Disponível em <<https://maximocon.wordpress.com/2017/02/22/iot-e-suas-aplicacoes-de-sucesso-01-agricultura/>> Acesso em: 20 de setembro de 2018.

Blog Azure. Disponível em <<https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/iot-fundamentals/iot-security-ground-up?context=azure/iot-hub/rc/rc>> Acesso em: 31 de outubro de 2018.

BLUEDOT. “**Connect two BME280 Sensors on the I2C bus**”. Disponível em: <<https://www.bluedot.space/tutorials/connect-two-bme280-on-i2c-bus/>> Acesso em: 8 de maio de 2019.

BORJA, L. “**IoT no Agronegócio: como IoT vem trazendo resultados para o produtor rural.**” Disponível em: <<https://pordentrodoagro.strider.ag/internet-das-coisas-agronegocio-como-iot-vem-trazendo-resultados/>> Acesso em: 16 de março de 2019.

BURGESS, M. “**What is the Internet of Things?**” Disponível em <<https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>> Acesso em: 16 de março de 2019.

CBInsights, 2018. “**Agriculture Tech Market Map Company List**”. Disponível em: <<https://www.cbinsights.com/research/agriculture-tech-market-map-company-list/>> Acesso em: 30 de outubro de 2018.

Cisco, 2017. “**How Cisco helps you close the gap – Hybrid Solutions**” p. 9. Disponível em: <<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/cloud/cloud-ebook.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

COURSE, M. **John Deere on bringing the IoT to the farm**, 2016. Disponível em <<https://www.manufacturing.net/news/2016/05/john-deere-bringing-iot-farm>> Acesso em : 20 de setembro de 2018.

CRUMP, Michel; GOMES, Guillermo. “**Azure Iaas Battlecard**”. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2DkHYon>> Acesso em: 26 de outubro de 2018.

DASHBOARD POWER BI. “**Introdução a dashboards para designers do Power BI.**” 2018. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/service-dashboards>> Acesso em: 28 de Abril de 2018.

DLODLO, N. KALEZHI, J. **The Internet of Things in Agriculture for Sustainable Rural Development.** *Council for Scientific and Industrial Research Meraka Institute Pretoria, South Africa.*

DORDEVIĆ, B. JOVANOVIĆ, S. **Cloud Computing in Amazon and Microsoft Azure platforms: performance and service comparison.** *22nd Telecommunications forum TELFOR Serbia, Belgrade, 2014.*

DROPBOX. Disponível em < <https://www.dropbox.com/h> > Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Eletrogate. Disponível em < <https://www.eletrogate.com/sensor-de-raio-ultravioleta-ml8511> > Acesso em: 30 de outubro de 2018.

EletrusComp. **“Bússola com o sensor HMC5883L”** Disponível em: < <https://www.eletruscomp.com.br/post/projeto-42-bussola-com-o-sensor-hmc5883l/> > Acesso em: 30 de outubro de 2018.

ELIJAH, O. RAHMAN ABDUL, T. **An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges.** *IEEE Internet of Things Journal 2018.*

FERNANDO FILIPUTTI. **“Criando soluções de IoT com Azure.”** Disponível em: < <https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/architecture/reference-architectures/iot/> > Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

Fontes. Disponível em: < <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/09/21/agricultura-40-conecta-o-campo> > Acesso em: 28 de outubro de 2018.

GARCIA, P. C. **“Computación en la nube”** p. 10. Salamanca, Espanha, 2017. Universidad de Salamanca.

GITHUB. Disponível em: < <https://github.com> > Acesso em: 7 de maio de 2019.

GITHUB AZURE IOT SDK. Disponível em: < <https://github.com/Azure/azure-iot-sdk-csharp/tree/master/tools/DeviceExplorer> > Acesso em: 8 de maio de 2019.

GOKALP O. M, KAYABAY. K, AKYOL M. **“Big Data for industry 4.0: a conceptual framework”.** Informatics Institute, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

GOOGLE PHOTOS. Disponível em < <https://photos.google.com/> > Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Hale Group. Disponível em: < <https://www.iowafarmbureau.com/page/file?path=Files/website/News/PDFs/execsummary.pdf> > Acesso em: 26 de outubro de 2018.

IBM. Disponível em < <https://www.ibm.com/watson/developer/> > Acesso em: 29 de outubro de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET,** 2011. Disponível em < http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf > Acesso em: 22 de setembro de 2018.

INTERROUTE. Disponível em < <https://www.interoute.com/what-public-Cloud> > Acesso em: 25 de outubro de 2018.

J. LEE, H. A. KAO, and S. YANG, “**Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and Big Data environment**” in *Procedia CIRP*, 2014, vol. 16, pp. 3-8.

JEFFERSON. **Conceitos e técnicas sobre Data Mining**, 2011. Disponível em < <https://www.devmedia.com.br/conceitos-e-tecnicas-sobre-data-mining/19342> > Acesso em: 18 de setembro de 2018.

JEONG, H. LEE, J. HOYOUNG, Y. **A Low-Power High-Performance SoC Platform for IoT Applications**. *Department of Electronical Engineering, KAIST. IDEC Journal of Integrated Circuits and Systems, VOL 02, No.1, April 2016.*

KIM, W, B. RUY HONG, J. **A New Efficient Partial Node Update for Wireless Sensor Networks Using a Simulated Virtual Node**. *Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)*, 2008.

LE-TIEN, T. HUYNH-KHA, T. “**An Evaluation on the Effective Processing Time of Raspberry Pi-3B based Embedded Systems for Determining Forged Images**.” *Conference on Information and Computer Science*, 2017. Dept of Electrical and Electronics Engineering, Vietnam.

MAZUR, M. **Six Ways Drones are revolutionizing Agriculture**, MIT Review, 2016. Disponível em < <https://www.technologyreview.com/s/601935/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/> > Acesso em: 20 de setembro de 2018.

MEOLA, A. **Why IoT, Big Data & smart farming are the future of agriculture**, Business Insider, 2016. Disponível em < <http://www.businessinsider.fr/us/internet-of-things-smart-agriculture-2016-10/> > Acesso em: 15 de setembro de 2018.

MERCADO AGRÍCOLA, “**O Uso Racional da Meteorologia na Agricultura**.” Instituto Agrônomo de São Paulo (IAC SP).

MHATRE, L. RAI, N. **Integration Between Wireless Sensor and Cloud**. *International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)*, 2017.

MICROSOFT AZURE, 2018. Disponível em < <https://azure.microsoft.com/pt-br/> > Acesso em: 21 de setembro de 2018.

MICROSOFT AZURE DOCUMENTS, 2019. “**Conectar o Raspberry Pi ao Hub IoT do Azure**”. Disponível em: < <https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/iot-hub/iot-hub-raspberry-pi-kit-c-get-started> >. Acesso em: 3 de maio de 2019.

MICROSOFT ONEDRIVE. Disponível em < <https://onedrive.live.com/about/pt-br/> > Acesso em: 12 de setembro de 2018.

MICROCONTROLANDOS, 2012. “**Comunicação I2C**”. Disponível em: < <http://microcontrolandos.blogspot.com/2012/12/comunicacao-i2c.html> > Acesso em: 21 de maio de 2019.

MORGAN, J. **A Simple Explanation of The ‘Internet of Things’**. *Forbes Review*. Disponível em < <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#5aaf25e11d09> > Acesso em: 11 de setembro de 2018.

MS LIBRARY RESEARCH. **Internet of Things (IoT) Resource Guide**. 2017.

MUNANDAR, A. FAKHRURROJA, H. **Design of Real-time Weather Monitoring System Based on Mobile Application using Automatic Weather Station**. *Technical Implementation Unit for Instrumentation Development (UPT BPI) Indonesian Institute of Sciences (LIPI)* Bandung, Indonesia.

Nordericks, 2018. “**AWS vs Azure vs Google vs IBM Cloud which is the best for me?**”. Disponível em: <<https://www.nodericks.com/aws-vs-azure-vs-google-vs-ibm-cloud-best/>> Acesso em: 24 de outubro de 2018.

NSABAGWA, M. BYAMUKAMA, M. “**Network Densification Strategies for Automatic Weather Stations: Challenges and Opportunities for Uganda**”. IMC International Information Management Corporation, 2016.

OCEAN, C. **Agricultural Machinery Predictive Maintenance**, 2016. Disponível em <<https://developer.huawei.com/ict/en/news/oceaceanconnect-2016-08-31-intelligent>> Acesso em : 20 de setembro de 2018.

OPENSOURCE. Disponível em <<https://opensource.com/alternatives/gmail>> Acesso em: 25 de outubro de 2018.

ORACLE. **Oracle Private Cloud Appliance**. Disponível em <<https://www.oracle.com/br/servers/private-Cloud-appliance/>> Acesso em: 25 de outubro de 2018.

OTIM, J. MAISSWA, M. “**On improvement of the weather information management in Uganda: proceeding of the 5th UbuntuNet Alliance annual Conference**”, 2012.

PAAP, C. **A evolução do monitoramento de sistemas de TI: análise de dados e aprendizado por máquinas**, 2016. Disponível em <tiinside.com.br/tiinside/services/12/06/2016/evolucao-do-monitoramento-de-sistemas-de-ti-analise-de-dados-e-aprendizado-por-maquinas/> Acesso em: 17 de setembro de 2018.

PORTERJAMES e HEPPELMANN. “**How start connected product are transforming competition**”. 2014. Disponível em: <<https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

POWER BI. Disponível em <<https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>> Acesso em: 17 de março de 2019.

POWER BI OVERVIEW. “**O que é Power BI ?**” 2019. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/power-bi-overview>> Acesso em: 28 de abril de 2019.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Disponível em: <<https://pypi.org/project/RPi.bme280/>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

RASPBERRY. Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>> Acesso em: 26 de outubro de 2018.

RASPBERRY PI AZURE IOT SIMULATOR. Disponível em <<https://azure-samples.github.io/raspberry-pi-web-simulator/>> Acesso em: 17 de março de 2019.

RASPBERRY PI PROJECTS. “**Using the I2C Interface**”. Disponível em: <<https://raspberrypi-projects.com/pi/programming-in-python/i2c-programming-in-python/using-the-i2c-interface-2>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

RF Wireless World, 2017. “**WSN – Wireless Sensor Network**”. Disponível em: <<http://celltt.com/fresh-sensor-network-architecture/fine-sensor-network-architecture-and-wsn-wireless-security/>> Acesso em: 28 de outubro de 2018.

SAHITYA, R. RAJARSHI, R. **IoT, Big Data Science & Analytics, Cloud Computing and Mobile App based Hybrid System for Smart Agriculture.** *Institute Of Engineering And management, Kolkata*, 2017.

SANTOS, D. BALBINO, A. **Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura.** Agrosmart, 2014. Disponível em < <https://agrosmart.com.br/blog/irrigacao/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/> > Acesso em: 21 de setembro de 2018.

SAVIÉ, T. RADONJÉ, M. **One Approach to weather Station Design Based on Raspberry Pi Platform.** *23rd Telecommunications forum TELFOR 2015*, Serbia, Belgrade, 2015.

SENAI, 2018. **“Curso Desvendando a Indústria 4.0”.** Disponível em: <<https://bit.ly/2PEAEJZ>> Acesso em: 30 de outubro de 2018.

SERVICE ARCHITECTURE. **What is Cloud Bursting?** Disponível em < https://www.service-architecture.com/articles/Cloud-Computing/Cloud_bursting.html > Acesso em: 25 de outubro de 2018.

SHAREEF, M. VISWANATHAN, P. **A Survey : Smart Agriculture IoT with Cloud Computing.** *School of Computer Science of Engineering (SCOPE), VIT University-Vellore.*

STEVEN, S. L. **Indústria 4.0 - Fundamentos, Perspectivas e Aplicações.** 1ª Ed., Editora Érica.

SUGIARTO, B. DJAELANI, E. **“A Remote Control System for Channel Configuration on Weather Station Over TCP/IP Network”.** Research Center for Informatics, 2015.

TAYLOR. **“Israel Agritech Market map 400 startups putting the tech in agritech”.** Disponível em: <<https://www.igrow.news/news/israel-agritech-market-map-400-startups-putting-the-tech-in-agritech>> Acesso em: 27 de outubro de 2018.

TECHMINDS. **Agronegócio na mira dos robôs,** 2017. Disponível em < <https://www.techminds.info/2017/10/02/agronegocio-na-mira-dos-robos/> > Acesso em: 16 de setembro de 2018.

TECNOLOGIA e FLORESTA, 2016. **“A importância de uma estação meteorológica para agricultura”.** Disponível em < <http://www.tecnologiaefloresta.com.br/2016/12/15/a-importancia-de-uma-estacao-meteorologica-para-a-agricultura/> > Acesso em: 21 de setembro de 2018.

TIINSIDE, 2017. **“Para clientes, provedor de nuvem deve responder por proteção, privacidade e compliance dos dados”.** Disponível em < <https://tiinside.com.br/tiinside/08/11/2017/para-organizacoes-provedor-de-nuvem-deve-responder-por-protecao-privacidade-e-compliance-dos-dados/> > Acesso em: 30 de junho de 2019.

THE GAZA POST, 2017. **“Manufactures not using Industry 4.0 opportunities to the fullest”.** Disponível em: <<https://thegazapost.com/en/post/26888/Manufacturers-not-using-Industry-40-opportunities-to-the-fullest>> Acesso em: 28 de outubro de 2018.

VEYRAT, P. **O que é governança de dados.** Venki, 2015. Disponível em < <http://www.venki.com.br/blog/governanca-de-dados/> >. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

WEINS, Kim. **“Cloud Computing Trends: 2017 State of the Cloud Survey”.** 15 de fevereiro de 2017. Disponível em: <<https://www.rightscale.com/blog/cloud-industry-insights/cloud-computing-trends-2017-state-cloud-survey>> Acesso em: 26 de outubro de 2018.

Whizlabs. “ **AWS vs Azure vs Google: Cloud Services Comparison.**” Disponível em: < <https://www.whizlabs.com/blog/aws-vs-azure-vs-google/> > Acesso em: 30 de outubro de 2018.

WINDOWS SUPPORT. “**Connect to another computer using Remote Desktop Connection.**” Disponível em: <<https://support.microsoft.com/en-us/help/17463/windows-7-connect-to-another-computer-remote-desktop-connection>> Acesso em: 7 de maio de 2019.

WOLFERT, S. LAN, G. VERDOUW, C. BOGAARDT, M. ***Big Data in Smart Farming – A review.*** Wageningen University and Research, The Netherlands. *Agricultural Systems*, Elsevier 2017.

ZDNET. “**Top Cloud providers 2018: How AWS, Microsoft, Google Cloud Platform, IBM Cloud, Oracle, Alibaba stack up**”. Disponível em < <https://www.zdnet.com/article/Cloud-providers-ranking-2018-how-aws-microsoft-google-Cloud-platform-ibm-Cloud-oracle-alibaba-stack/> > Acesso em: 30 de outubro de 2018.

ANEXO A – CÓDIGO FONTE

teste.py

```
import smbus2
import bme280
port=1
address=0x76
bus=smbus2.SMBus(port)

calibration_params=bme280.load_calibration_params(bus,address)
data=bme280.sample(bus,address,calibration_params)
print(data.id)
print(data.timestamp)
print(data.temperature)
print(data.pressure)
print(data.humidity)
```